АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ КРЫМСКО-КАВКАЗСКОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

РЕЗУЛЬТАТЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ КРЫМСКО-КАВКАЗСКОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

М О С К В А 1939 ЛЕНИНГРАД



Ответственный редактор акад. *И. М. ГУБКИН*

Редактор Е. А. Чернов

Технический редактор И. П. Пошешулин   Корректор Л. Г. Афанасьева

Сдано в набор 16/VIII 1938 г. Подписано к печати 24/I 1939 г. Формат $70\times108^{1}/_{16}$. Объем $12^{5}/_{8}$ п. л. и 7 вкл. В 1 п. л. 58 000 печ. зн. Уч.-авт. л. 14,5. Тир. 2000 экз. Уполн. Главлита № А-4698. АНИ 1017. РИСО 680. Зак. № 3833. Цена 9 руб., переплет 1 руб.

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста „Полиграфкнига“. Москва, Валовая, 28.

ИСПРАВЛЕНИЯ

Страница	*Строка*	*Напечатано*	*Следует*
8	Фиг. 2, условные обозначения, 5	Srm_2	Srm_3
9	Фиг. 4, условные обозначения	—	При чтении карты пользоваться профилями и условными обозначениями к фиг. 5
11	Фиг. 6, условные обозначения	*11* — криптодиапировые слои;	*11* — криптомактровые слои;
27	22 сверху	И в Шихи-кая, и в Миаджике на поверхность снова выходит продуктивная толща	В Шихи-кая на поверхность снова выходит продуктивная толща
101	11—10 снизу	нитратами	нитритами
125	2 снизу	себе калий	в себе калий
161	3 сверху	близком к нормали	удаленном от нормали
164	14 снизу	повышения,	понижения,

Грязевые вулканы

вопрос о диапиризме.

Статья руководителя группы петрографии грязевых вулканов П. П. Авдусина посвящена основному вопросу — петрографии продуктов извержений грязевых вулканов.

Микропалеонтология не играет ведущей роли в данной проблеме, но без изучения микрофауны разрешение вопросов стратиграфии, и в особенности определение возраста продуктов выбросов грязевых вулканов, невозможно. Занимаясь грязевыми вулканами, микропалеонтологи попутно проделали большую работу и по специальным палеонтологическим вопросам. Основные результаты этих работ изложены в статье, написанной группой микропалеонтологов.

В статье руководителя группы геохимии битумов В. Э. Левенсона основные проблемы грязевого вулканизма рассматриваются с точки зрения геохимической битуминологии.

Редактор Е. А. Чернов

Технический редактор И. П. Пошешулин — Корректор Л. Г. Афанасьева

Сдано в набор 16/VIII 1938 г. Подписано к печати 24/I 1939 г. Формат $70 \times 108^{1}/_{16}$. Объем $12^{5}/_{8}$ п. л. и 7 вкл. В 1 п. л. 58 000 печ. зн. Уч.-авт. л. 14,5. Тир. 2000 экз. Уполн. Главлита № А-4698. АНИ 1017. РИСО 680.

Зак. № 3833. Цена 9 руб., переплет 1 руб.

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста „Полиграфкнига“. Москва, Валовая, 28.

ПРЕДИСЛОВИЕ

О значении проблемы грязевого вулканизма мы писали в нашей краткой работе «Грязевые вулканы Советского Союза и их связь с нефтяными месторождениями Крымско-Кавказской геологической провинции», опубликованной Издательством Академии Наук в 1938 г. Результаты наших исследований по этому вопросу находят уже свое отражение в политике разведок. Так, например, самый мощный нефтяной комбинат Советского Союза — Азнефтекомбинат — на 1938 г. наметил глубокое разведочное бурение на новых площадях исключительно в пределах зон грязевых вулканов. Грязевые вулканы, следовательно, в соответствии с нашими теоретическими выводами, становятся первоочередными разведочными на нефть районами.

В опубликованной нами работе мы изложили основные результаты всего комплекса наших исследований в очень сжатой, по существу, тезисной форме. Мы обещали в наших последующих статьях сообщить более подробно о результатах этих исследований.

В данном выпуске основные группы нашего комплекса это наше обещание как раз и выполняют. Так например, в статье проф. С. Ф. Федорова излагается один из самых важных вопросов геологии грязевых вулканов, вопрос о диапиризме.

Статья руководителя группы петрографии грязевых вулканов П. П. Авдусина посвящена основному вопросу — петрографии продуктов извержений грязевых вулканов.

Микропалеонтология не играет ведущей роли в данной проблеме, но без изучения микрофауны разрешение вопросов стратиграфии, и в особенности определение возраста продуктов выбросов грязевых вулканов, невозможно. Занимаясь грязевыми вулканами, микропалеонтологи попутно проделали большую работу и по специальным палеонтологическим вопросам. Основные результаты этих работ изложены в статье, написанной группой микропалеонтологов.

В статье руководителя группы геохимии битумов В. Э. Левенсона основные проблемы грязевого вулканизма рассматриваются с точки зрения геохимической битуминологии.

Статьи руководителя группы геохимии вод и пород В. А. Сулина и руководителя микробиологической группы Т. Л. Гинзбург-Карагичевой излагают основные вопросы по своим группам.

Помимо статей руководителей групп, мы в этом нашем первом сборнике по грязевым вулканам начинаем публиковать статьи и по отдельным вопросам, которые вместе с тем являются непосредственным продолжением и дополнением общих статей. К таким статьям относятся: работа Е. В. Кудряшева о геологии грязевого вулкана Шуго, статья Л. А. Гуляевой о боре в грязевых вулканах и статья Е. С. Иткиной о распространении калия в водах грязевых вулканов.

Таким образом, наш первый сборник по грязевым вулканам, предназначается прежде всего для лиц, интересующихся вообще грязевым вулканизмом. Поскольку же основные выводы наших исследований говорят о тесной связи между грязевым вулканизмом и нефтеносностью, сборник поможет нефтяникам и самим критически разобраться в этом вопросе.

И наконец, в виду того, что при разработке вопроса о грязевом вулканизме нам пришлось изучать и отдельные, чисто геологические и петрографические темы, и вопросы геохимии вод, пород, битумов, и вопросы микропалеонтологии, — то этот сборник, как нам кажется, будет небезинтересен и для лиц, работающих и в этих отраслях.

29 ноября 1937 г. Акад. *И. М. Губкин*

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

ПРОФ. С. Ф. ФЕДОРОВ

ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ КРЫМСКО-КАВКАЗСКОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ И ДИАПИРИЗМ

ЧАСТЬ I

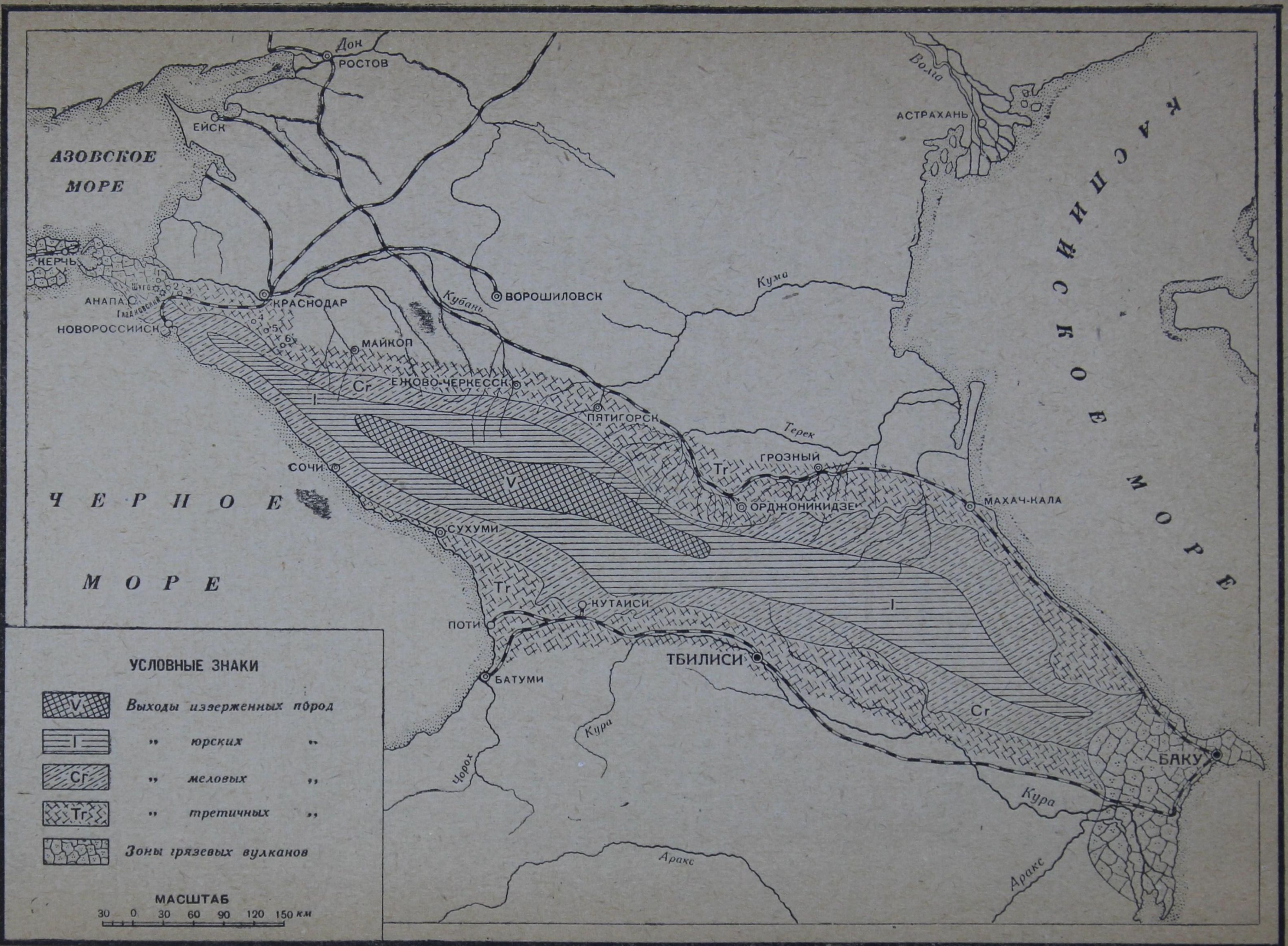
ЗНАЧЕНИЕ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ В СВЯЗИ С НЕФТЕНОСНОСТЬЮ

Грязевые вулканы Союза чаще всего встречаются в пределах Крымско-Кавказской геологической провинции (фиг. 1). Так, на Керченском п-ове имеется в настоящее время более 25 вулканов, на Таманском — 24 вулкана. Имеются грязевые вулканы и в западной части Кубани, на площади, прилежащей к Таманскому п-ову,— именно грязевые вулканы Разнокольский, Семигорский, мощный грязевой вулкан Шуго, группа грязевых вулканов в районе станицы Гладковской (собственно гладковские — к северу от станицы; грязевые вулканы у хут. Колесникова; грязевые сальзы близ хут. Сахалинки и др.).

Встречаются грязевые вулканы и в Грузии — в Кахетии. Особенно много их в Азербайджане: здесь вместе с островными грязевыми вулканами их насчитывается около 180. В это число включены лишь грязевые вулканы в собственном смысле этого слова, а не отдельные конуса или воронки. Последние, как следует из нашей классификации [4], являются составными частями грязевых вулканов. По количеству грязевых вулканов, по их деятельности и размерам, наконец, по их разнообразию Азербайджан представляет классический район грязевого вулканизма не только в СССР, но и во всем мире.

Уже одно это обстоятельство заставляет нас обратить внимание на грязевые вулканы. Но грязевые вулканы Крымско-Кавказской геологической провинции интересны не только с чисто геологической точки зрения: особый интерес представляет связь их с нефтеносностью. Всем известно, что Кавказ был и остается до сих пор самой мощной нефтеносной базой Союза. Для подтверждения сказанного приведем несколько цифр. За все время существования нефтяной промышленности как в России, так и в Советском Союзе, начиная с 1871 по 1936 г., добыто всего 487.5 млн. т, из них на Кавказе 460 млн. т. Иначе говоря, за весь этот промежуток времени Кавказ дал 93%. Конечно, за последние годы начали развиваться и другие нефтеносные провинции, в частности, среднеазиатская и урало-эмбенская, но и работа на Кавказе не застыла на месте. Так, из 34.5 млн. т запроектированной добычи нефти и газа на 1938 г., на долю Кавказа приходится более 30 млн. т.

У читателя может возникнуть вопрос: ну, а причем же здесь все-таки грязевые вулканы и диапиризм? Дело в следующем. Уже издавна в Баку известен грязевой вулкан Бог-бога, расположенный в зоне Балахано-Сабунчинского нефтяного месторождения. С 1921 г. известен грязевой вулкан в центральной части биби-эйбатского нефтяного месторождения. С 1931 г. разбуривается с прекрасными результатами грязевой вулкан Лок-батан. В настоящее время находится в разведочном и, частично, в промыслово-разве-



Фиг. 1. Обзорная карточка Крымско-Кавказской геологической провинции с зонами грязевого вулканизма

дочном бурении обширная группа грязевых вулканов Азербайджана. Предстоит разведка если не всех, то очень многих грязевых вулканов как в Азербайджане, так и в остальных нефтеносных областях, с развитым грязевым вулканизмом.

Работа коллектива ИГИ [4] показала, что нефтяные месторождения и грязевые вулканы связаны между собою генетически. Работы этого же коллектива вместе с геологами Азнефтеразведки показали, что грязевые вулканы приурочены, как правило, к ясно выраженным антиклинальным складкам диапирового типа. Опубликованная нами статья о грязевых вулканах [4] имела целью осведомить общественность Союза, и прежде всего нефтяников, об общих итогах работ коллектива ИГИ и Азнефтеразведки по данному вопросу. Задача дальнейшего — детализировать отдельные стороны крупной проблемы грязевого вулканизма. Предлагаемая вниманию заинтересованных кругов статья имеет своей целью:

1) показать, что и грязевые вулканы и нефтяные месторождения соответствующих областей приурочены к антиклинальным складкам диапирового типа;

2) начать теоретическую разработку условий образования самих диапировых структур Кавказа и Керченского п-ова.

Выяснение генезиса диапировых структур послужит ключом не только к выявлению последующих закономерностей грязевого вулканизма, но и нефтяных месторождений.

Совершенно очевидно, что если связь между диапиризмом и нефтеносностью, между грязевыми вулканами и диапиризмом, между грязевыми вулканами и нефтеносностью окажется закономерной для Крымско-Кавказской геологической провинции, то такая же связь должна существовать, например, и для Закаспия, где, как известно, и грязевые вулканы имеются и нефтеносность налицо, но где тектоника и до сих пор неясна. Итак, разработка вопроса о диапиризме, генезисе диапировых структур, — это прежде всего один из важнейших и теоретически и практически вопросов не только для нефтеносных областей погружения Кавказа, но и для Закаспия.

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

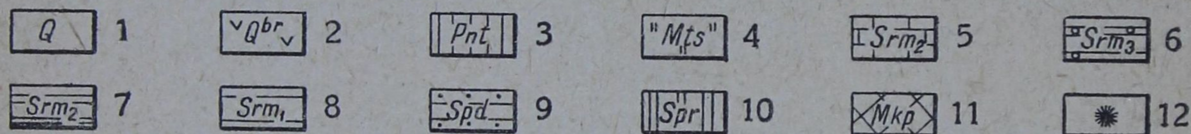
В своей общей (по существу обзорной) статье о грязевых вулканах [4] мы указали, что грязевые вулканы приурочены к зонам антиклинальных складок диапирового типа. Но там мы не имели возможности подтвердить свои выводы фактическим материалом. Эту задачу мы частично выполняем в этой статье. Частично потому, что полное описание геологии всех изученных грязевых вулканов потребует специальной монографии, весьма значительной по объему. В последующем и это будет сделано; здесь же мы ограничимся описанием нескольких грязевых вулканов Керченского и Таманского п-овов, а также Кубани и 5—6 грязевых вулканов Азербайджана.

Керченский полуостров

Наиболее интересные грязевые вулканы Керченского п-ова, если не считать Джау-тепе, расположены в северо-восточной части полуострова. Рассмотрим вкратце геологическое строение грязевых вулканов: Бурашского и Баксинского. Начнем с западного, Бурашского.

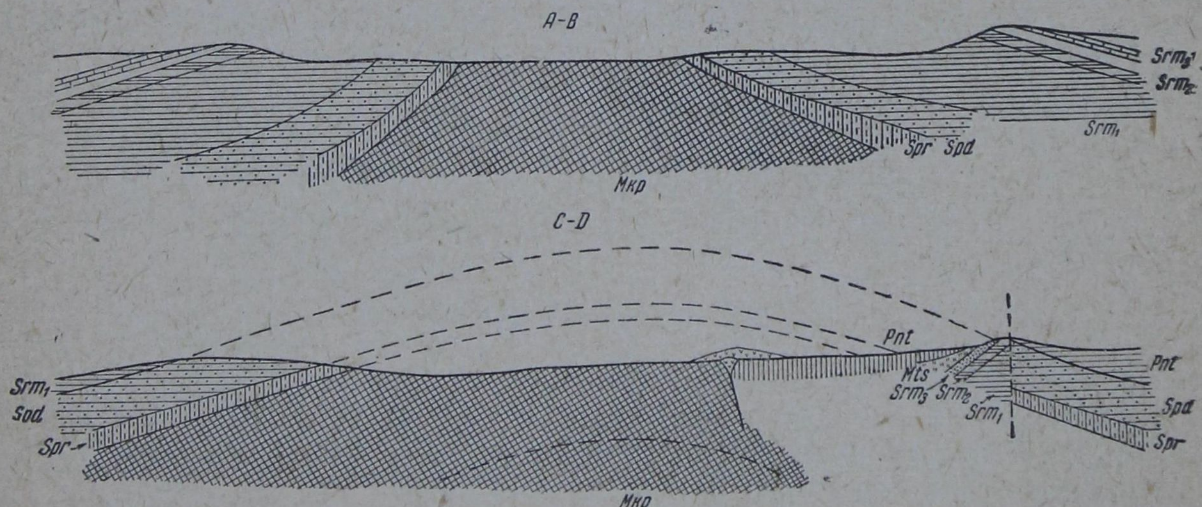
Бурашский грязевой вулкан

Бурашский грязевой вулкан расположен в долине, окаймленной высокими грядами, обусловленными выходами мембранипоровых известняков верхнего сармата. Эти гряды, особенно высокие и крутые в северной и во-



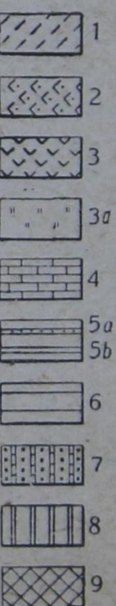
Фиг. 2. Геологическая схема Бурашского района

1 — современные отложения; *2* — сопочная брекчия; *3* — понт; *4* — меотис; *5* — мембранипоровый известняк; *6* — верхний сармат; *7* — средний сармат; *8* — нижний сармат; *9* — спаниодантелловые слои; *10* — спириалисовые слои; *11* — майкопские слои; *12* — грязевые сопки и грифоны



Фиг. 3. Поперечный (*A—B*) и продольный (*C—D*) разрезы Бурашского района

сточной части, окаймляют всю долину и составляют крылья антиклинальной складки. Долина — свод антиклинали. Здесь в ядре выходят глины майкопской свиты, чокрака, караганского яруса и затем — нижнего сармата.



Фиг. 4. Геологическая схема Баксинской антиклинали

1 — наносы (суглинки); *2* — тектоническая брекчия; *3* — сопочные отложения; *4* — меотис; *5* — мембранипоровый известняк; *6* — верхний сармат (диатом. слои верхн. сарм.), средний сармат; *7* — темноцветные глины средн. и нижн. сармата; *8* — спаниодантелловый и коУнский горизонты; *9* — чокракский горизонты; *10* — верхнемайкопская свита

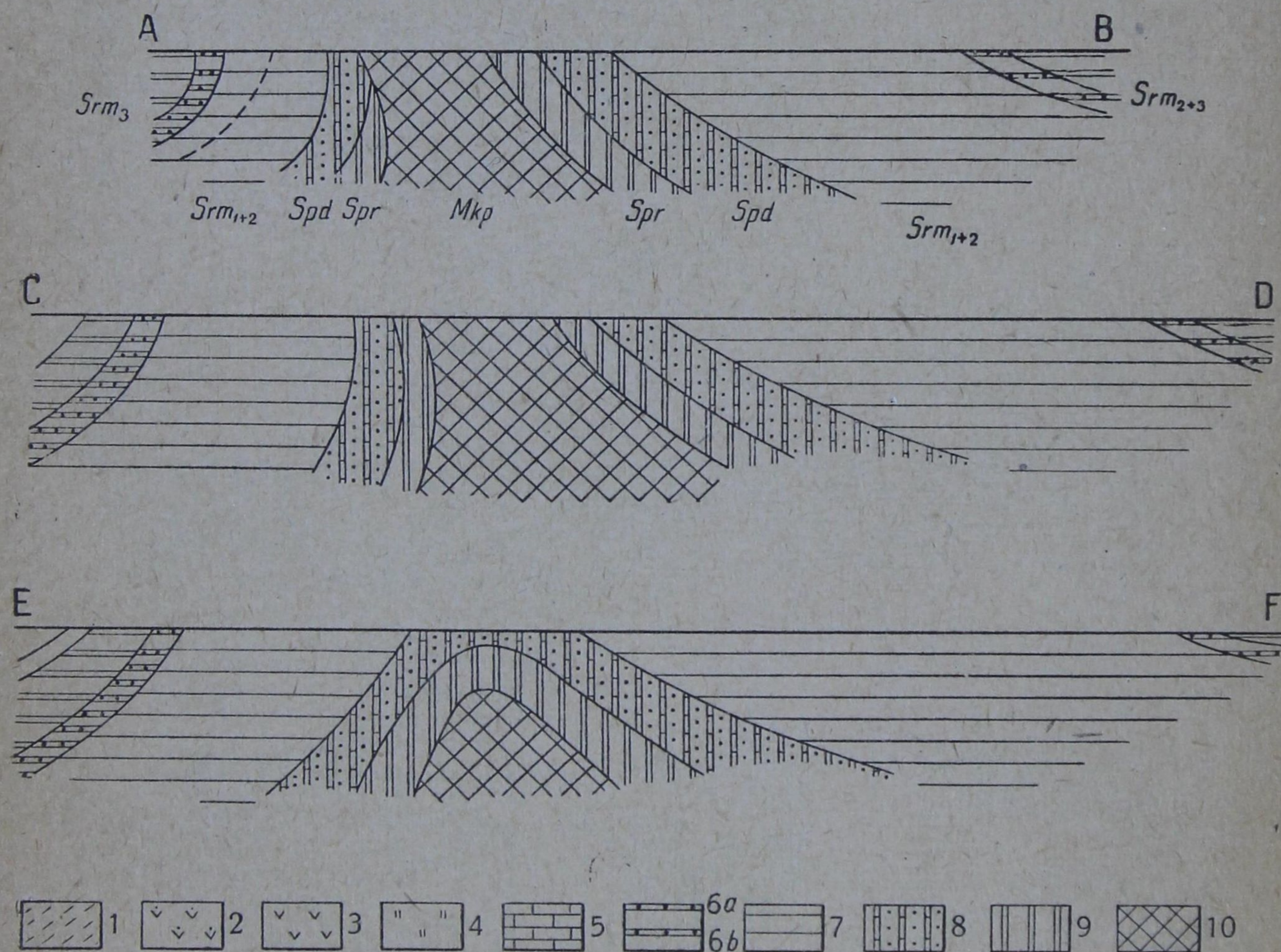
Особенности строения бурашской структуры видны на фиг. 2 и 3. Породы майкопской свиты, слагающие ядро бурашской антиклинали, сильно перемяты, раздроблены, с зеркалами скольжения, поставлены почти на голову. Чокракско-спириалисовые слои залегают уже положе. Более молодые слои быстро выполаживаются: так, углы падения в спириалисовых слоях составляют около 45°, а в нижнем сармате — только около 20°. К тому же мощность отдельных свит уменьшается по мере приближения к поверхности. Таким образом, здесь имеется хороший пример диапировой складки.

К восточному периклинальному окончанию этой антиклинали и приурочен грязевой вулкан. К этому же участку структуры приурочено и осложнение (фиг. 2 и 3): здесь произошел прогиб складки, в результате чего понтические слои пришли в соприкосновение с майкопскими.

Современная сопочная деятельность бурашского грязевого вулкана приурочена главным образом к западному полю контакта понта с майкопом: здесь имеются две небольших сопки. Кроме того около 5—6 грязевых грифонов приурочено к северному и северо-восточному краю зоны нарушения, где выходят породы сармата.

Баксинский грязевой вулкан

Баксинский грязевой вулкан приурочен к северному крылу баксинской антиклинальной складки. Со стороны Керченского пролива, от Еникальского маяка на запад тянется антиклинальная складка, сложенная в основном из глин нижнего сармата. В двух пунктах: у дер. Маяк и дер. Баксы



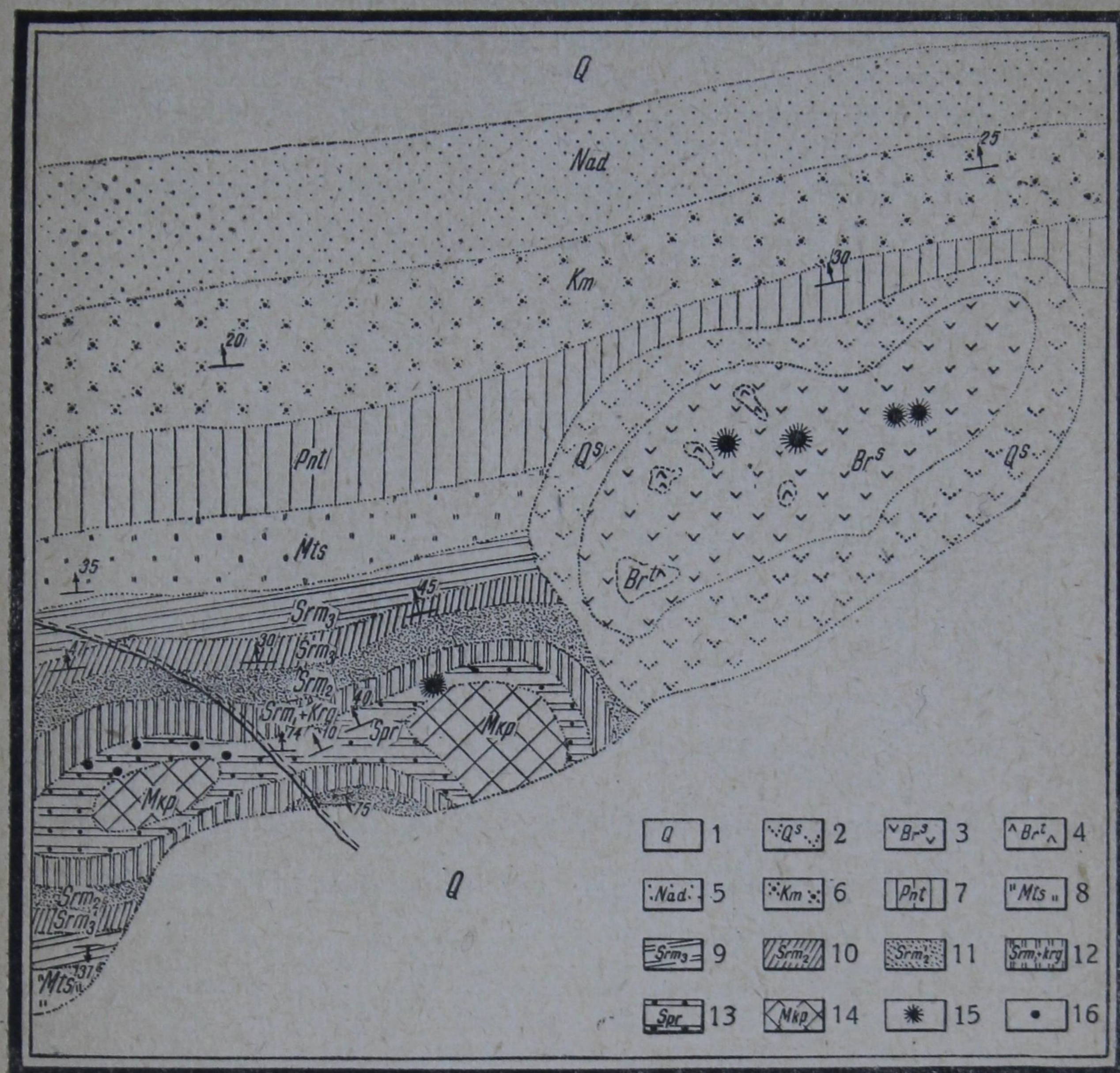
Фиг. 5. Поперечные разрезы Баксинской антиклинали

1 — наносы (суглинки); *2* — тектоническая брекчия; *3* — сопочные отложения; *4* — меотис; *5* — мембранипоровый известняк; *6*—верхний сармат (диатом. слои верхн. сарм.), средний сармат; *7* — темноцветные глины средн. и нижн. сармата; *8* — спаниодантелловый и коунский горизонты; *9* — чокракский горизонт; *10* — верхнемайкопская свита.

эта антиклиналь прорывается майкопскими породами. К обоим этим ундуляциям приурочены грязевые вулканы — маякский и баксинский.

В ядре баксинской брахиантиклинали выходят перемятые породы майкопской свиты. На крыльях породы быстро выполаживаются. Антиклиналь опрокинута к северу (фиг. 4 и 5).

И в этой брахиантиклинали налицо все элементы диапировой складки перемятые слои ядра, выклинивание более молодых слоев к поверхности



Фиг. 6. Геологическая схема горы Карабетовки

1 — современные отложения; *2* — переотложенная брекчия; *3* — сопочная брекчия; *4* — тектоническая брекчия; *5* — надрудные слои; *6* — киммерийский ярус; *7* — понтический ярус; *8* — меотический ярус; *9* — верхний сармат; *10* — «червячковая свита»; *11* — криптодиапировые слои; *12* — нижний сармат и караганский ярус; *13* — чокракско-спириалисовые слои; *14* — майкопская свита; *15* — грязевой вулкан; *16* — выход нефти

их быстрое выполаживание на крыльях. Таким образом, и баксинская брахиантиклиналь — диапирового типа. К такого же типа структурам приурочены и все остальные грязевые вулканы Керченского п-ова.

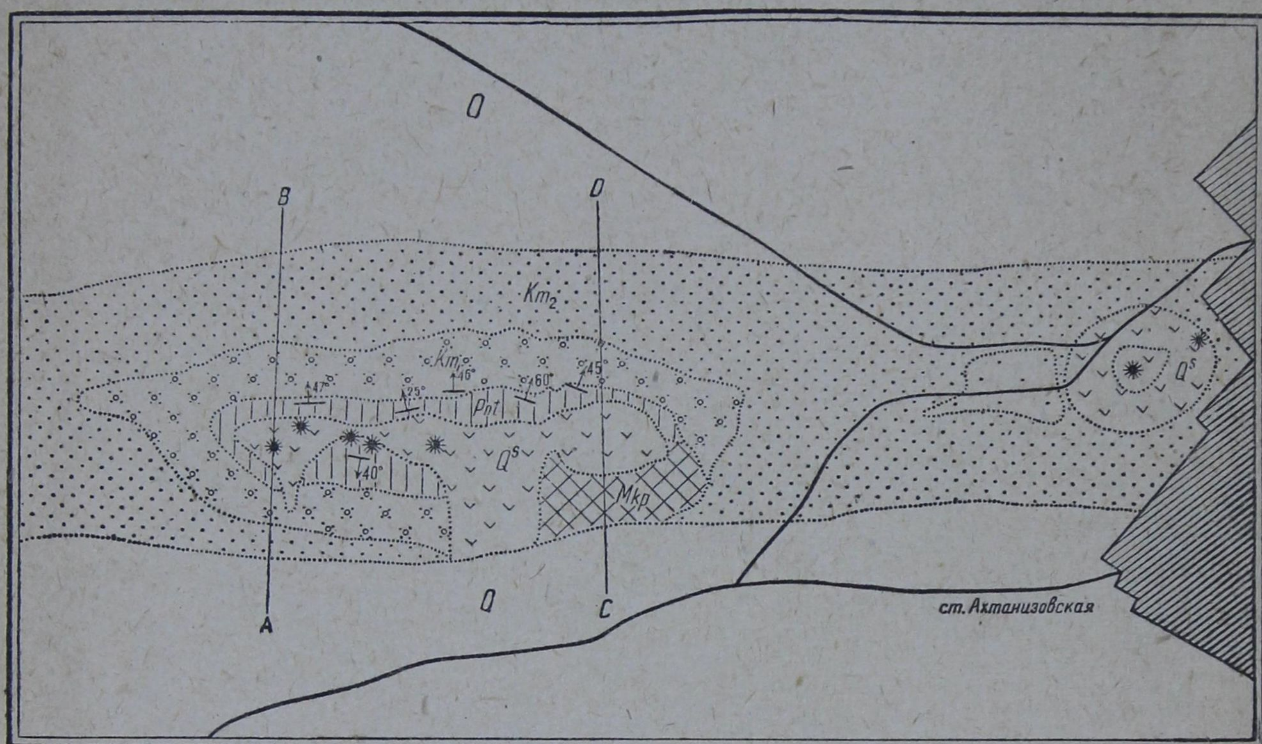
Таманский полуостров

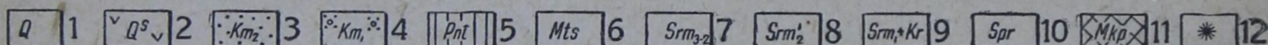
Для характеристики структур грязевых вулканов Таманского п-ва рассмотрим геологическое строение грязевого вулкана Карабетовка и группу грязевых вулканов в районе Цимбалы — Ахтанизовская.

Грязевой вулкан Карабетовка

Грязевой вулкан Карабетовка находится в 5 км к востоко-юго-востоку от станицы Таманской. Это один из самых активных грязевых вулканов Таманского п-ова. Приурочен этот грязевой вулкан к восточному периклинальному окончанию антиклинальной складки того же наименования.

Основное ядро этой антиклинали сложено породами чокрака и караганских слоев (фиг. 6). В двух пунктах это ядро прорвано перемятыми глинами майкопского возраста. Породы майкопа сильно передавлены и образуют тектоническую брекчию. Облекающие это ядро породы чокрака и караганского яруса падают под углом до 60—70°; местами они сильно выжаты. Что же касается пород сармата, то они быстро выполаживаются. Следовательно, и здесь налицо диапировая антиклиналь.





Фиг. 7. Геологическая схема гряды Цимбалы — Ахтанизовская

1 — современные отложения; 2 — сопочная брекчия; 3 — надрудные; 4 — рудные; 5 — понт; 6 — меотис; 7 — сармат верхний и средний; 8 — криптомактровые слои; 9 — нижний сармат и караганский горизонт; 10 — чокрак; 11 — майкоп; 12 — грязевой вулкан

Основной грязевой вулкан расположен на восточном погружении этой структуры. Кроме основного грязевого вулкана в зоне майкопских ядер имеются несколько сальз и грифонов. К сводовой же части этой структуры приурочены и многочисленные выходы нефти.

Грязевые вулканы в районе Цимбалы — Ахтанизовская

Через весь перешеек Таманского п-ова между Таманским заливом и Ахтанизовским лиманом, от станицы Сенной до станицы Ахтанизовской, тянется антиклинальная складка, сложенная на поверхности слоями киммерийского яруса и понта. Но понт и киммерийский ярус залегают очень полого, и лишь в нескольких пунктах они прорываются ядрами майкопских глин (фиг. 7 и 8). В отдельных пунктах на поверхность близ ядер выходят то разные горизонты сармата, то меотис, то чокрак. На профиле *C—D* виден классический пример ядра протыкания, на профиле же *A—B*, на-

ходящемся западнее, майкопское ядро, как показали наши шурфовочные работы, близко подходит к поверхности, но понт им еще не проткнут — это криптодиапировый тип структуры.

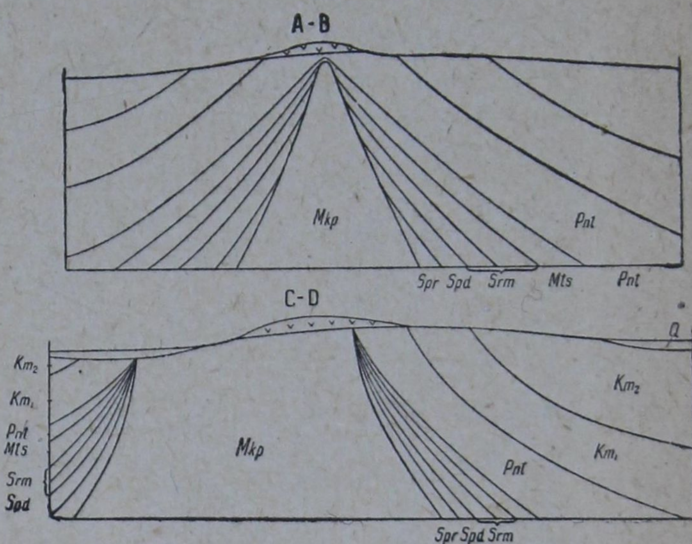
Такого же диапирового строения, но с разными вариациями, и остальные структуры Таманского п-ова. Итак, и Керченский и Таманский п-ова имеют антиклинальные складки диапирового типа.

Азербайджан

Рассмотрим теперь другое, восточное, окончание Кавказского хребта. В пределах Азербайджана (суша и острова Каспия) имеется около 180 грязевых вулканов. За время наших двух специальных экспедиций, а также и ранее, работая по другим заданиям, мы изучили почти все грязевые вулканы. Для характеристики этой геологической области дадим описание нескольких структур грязевых вулканов. Описание начнем с запада, с горной области и кончим Апшеронским п-овом.

Грязевой вулкан Сев. Астраханка

Грязевой вулкан Сев. Астраханка расположен в 6 км к северо-западу от сел. Астраханка и примерно в 100 км на западо-северо-запад от Баку. Это один из самых западных (от Баку) и притом мощных грязевых вулканов. По первому впечатлению этот грязевой вулкан расположен в синклинали (фиг. 9), сложенной нижним отделом дибрарской свиты мела (так называемые «юнусдагские» слои дибрарского разреза).



Фиг. 8. Поперечные разрезы гряды Цимбалы — Ахтанизовская

Более внимательное изучение этого района показало следующее. В 1 км юго-западнее грязевого вулкана Сев. Астраханка проходит большая нижнемеловая антиклиналь, в своде которой выходит баррем. В 1 км к северо-востоку расположена юнусдагская синклиналь. Между этими двумя структурами находится третья, сложенная на поверхности породами свиты кемчи. Слои свиты кемчи падают в сторону грязевого вулкана. Все это и создает иллюзию синклинального строения зоны грязевого вулкана. Довольно детальные разведочные работы (шурфовка) показали следующее. На фоне большой барремской антиклинали, на северном крыле ее, имеется антиклинальное осложнение. Судя по выбросам пород, баррем здесь близко подходит к поверхности. Здесь имеется своего рода недоразвитая диапировая складка, ядро которой слагают глины баррема. Падение же юнусдагских пластов на поверхности в сторону вулкана объясняется прогибом их от нагрузки сопочной брекчии, как это мы наблюдали на Керченском п-ове и как это наблюдается и в Азербайджане, о чем ниже. О степени дислоцированности слоев района можно судить по фиг. 10.

Таким образом, грязевой вулкан Сев. Астраханка приурочен к антиклинальной складке криптодиапирового типа.

Грязевой вулкан Караясь

Еще нагляднее диапировое строение зоны грязевого вулканизма видно в местности Караясь, иначе называемой Восточные Хильмили. Этот грязевой

вулкан находится в русле р. Кызыл-чай, в 2 км к юго-востоку от сел. Астраханка и в 7 км восточнее сел. Хильмили. Здесь имеется антиклинальная складка, сложенная верхним отделом дибрарской свиты (соответствующей «ильхидагу» дибрара).



Br 1 Br 2 Db₂ 3 Db₁ 4 Km 5 P/Km 6 Apt 7 Brm 8 9 10

Фиг. 9. Геологическая схема и поперечный разрез района грязевого вулкана Сев. Астраханка

1 — сопочная брекчия; 2 — брекчиевидные отложения; 3 — дибрарская свита, верхн. отд. («ильхидаг»); 4 — дибрарская свита, нижн. отд. («юнусдаг»); 5 — кемчи; 6 — подкемчи; 7 — апт; 8 — баррем; 9 — грязевой вулкан; 10 — линия разрыва

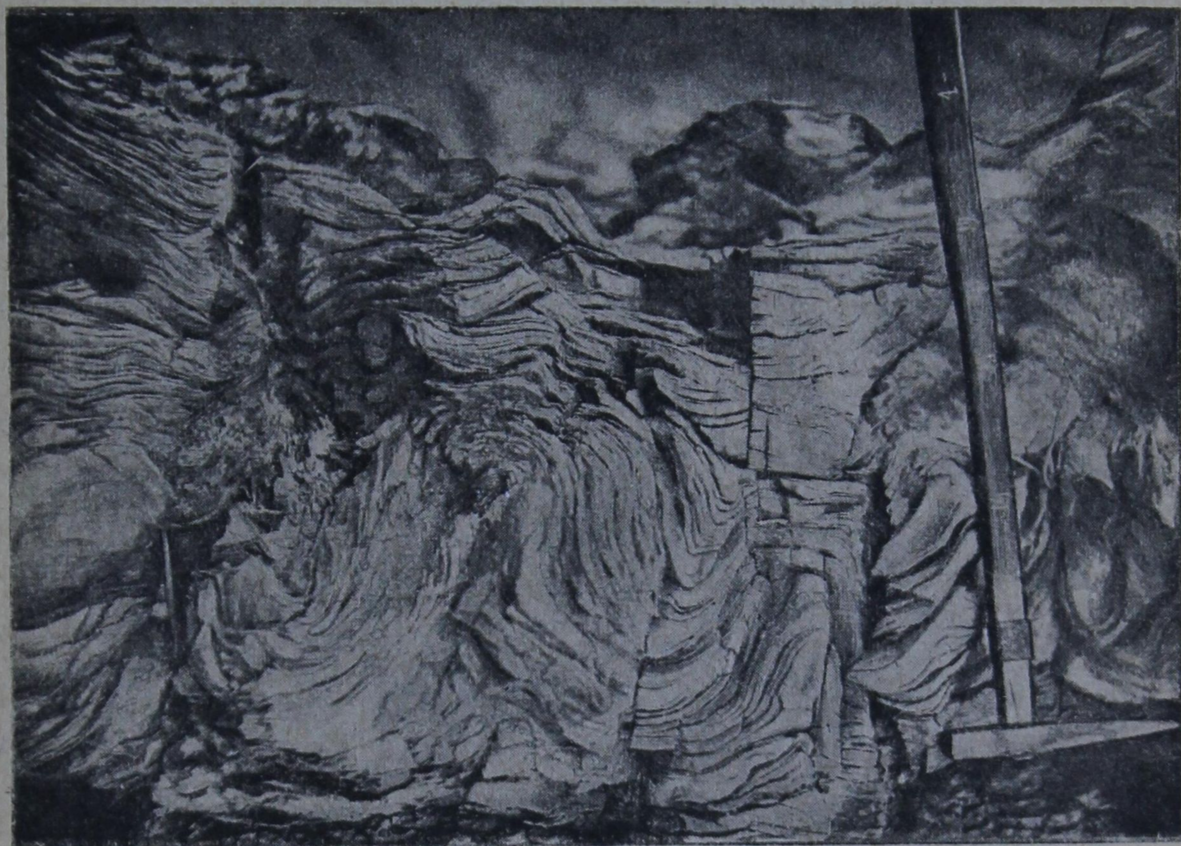
Породы ильхидага прорваны крутопоставленными глинами и мергелями юнусдага. Юнусдагские породы ядра поставлены на голову, а ильхидаг имеет углы падения лишь 40—20°. При этом площадь ядра юнусдага незначительна: примерно 500 × 200 м. Общий вид и детали ядра видны на

фиг. 11 и 12. Это один из самых ярких примеров ядра протыкания. В то время как в североастраханской структуре ядро выпирания составляли глины баррема, в Караясе эту роль выполняют глины юнусдага.

Не менее интересны также структуры, к которым приурочены грязевые вулканы Набурской группы.

Грязевые вулканы Набур

Восточнее сел. Набур уже издавна известны две группы грязевых вулканов: одна группа, западная, находится в набурской долине в 2—3 км восточнее сел. Набур, другая же группа, восточная, находится в 3 км восточнее первой, на восточном погружении антиклинальной складки. В ли-



Фиг. 10. Степень дислоцированности слоев кемчи в зоне грязевого вулкана Сев. Астраханка

тературе она известна под именем грязевого вулкана Кара-джузлы. Мы рассмотрим лишь западную группу, собственно набурскую.

В набурской долине обнаружены два вида грязевулканической деятельности. Влево от дороги из сел. Маразы на набурскую мельницу имеется Черная Горка высотою 5 м при диаметре основания около 50 м. Горка имеет вид усеченного конуса; на вершине конуса имеется ряд грязевых грифонов. Иногда эти грязевые грифоны действуют активно, а иногда замирают. В 500—600 м западнее Черной Горки находится группа бурно действующих воронок (сопок), а в середине группы имеется маленький конус — грязевая сальза.

Все эти проявления грязевулканической деятельности приурочены к антиклинальной складке широтного направления. Наиболее древними слоями этой антиклинали являются красно-бурые пластичные глины сумгаитской свиты. Детали строения видны на геологической карте и профилях (фиг. 13 и 14).

В профиле по линии $K - L$ в ядре наблюдается сумгаит; с севера к ядру сумгаита прилегают слои среднего коуна (нижний коун выжат); а с юга



Фиг. 11. Общий вид ядра протыкания грязевого вулкана Караясь. Вид с юга, вдоль русла реки Кызыл-чай

(а и в — см. фиг. 12



Фиг. 12. Выход юнусдага в ядре протыкания вулкана Караясь

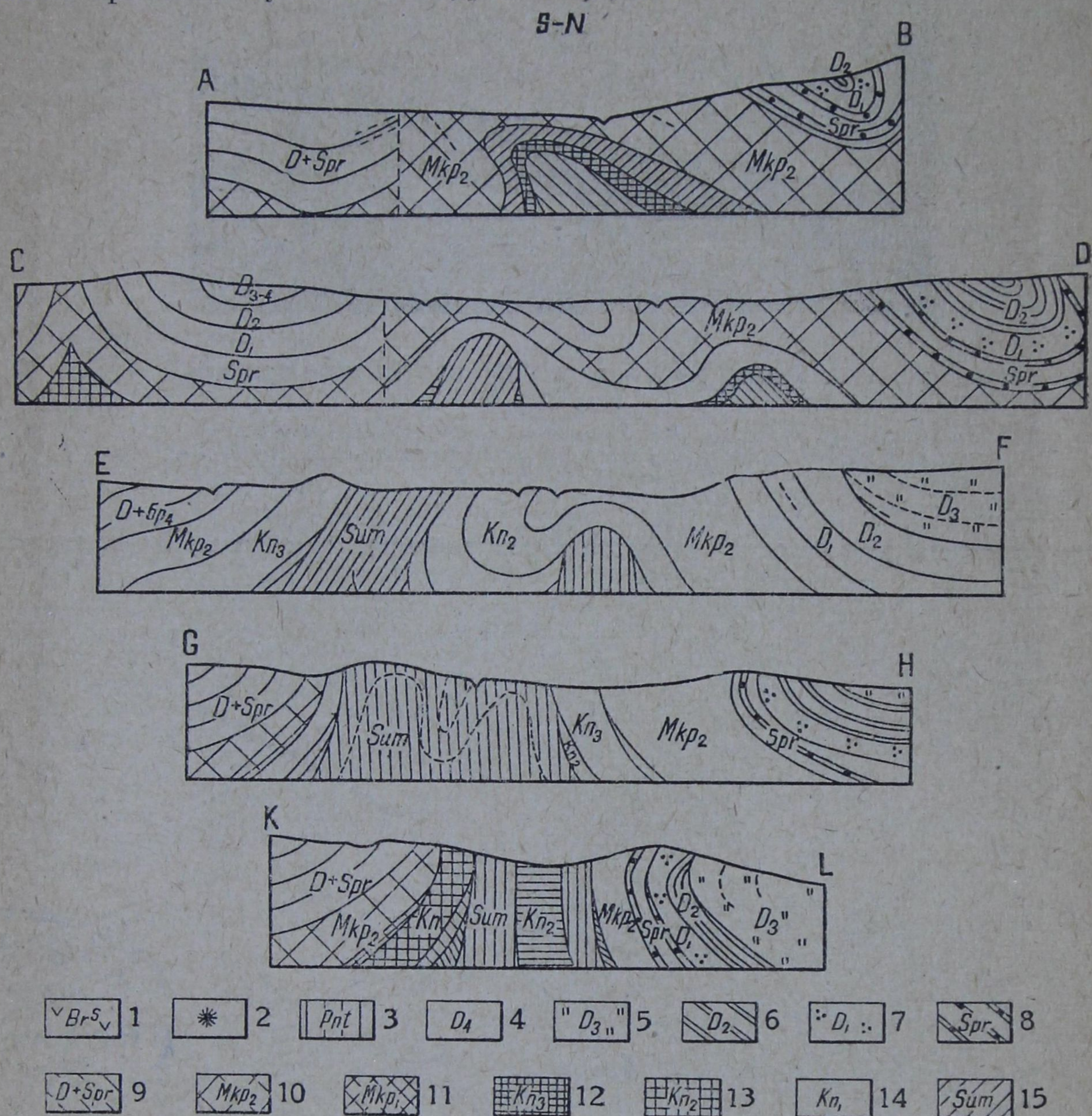
Деталь: вид с западного берега реки на восток; *a* — задний план: вид пород ядра на левом берегу реки; *b* — передний план; часть ядра в обрыве речной террасы

Фиг. 13. Геологическая схема района набурских вулканов

1 — сопочная брекчия; *2* — сопки грязевых вулканов; *3* — понтический ярус; *4* — диатомовые слои; *5* — диатомовые слои; *6* — диатомовые слои; *7* — диатомовые слои; *8* — спириалисовые слои; *9* — не раздел. диатомовые и спириалисовые слои; *10* — майкопская свита; *11* — майкопская свита; *12* — коунская свита, верхний отдел; *13* — коунская свита; средний отдел; *14* — коунская свита, нижний отдел; *15* — сумгаитская свита

БИБЛИОТЕКА РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

сразу подходит верхний коун, а затем верхний майкоп. В соседнем профиле *G—H* видно, что с сумгаитским ядром на поверхности контактируют верхний коун с севера и майкоп с юга. Аналогичное явление наблюдается и в других профилях. Здесь имеется, следовательно, не менее резко выраженная, чем в Караяси, антиклинальная складка диапирового типа. Ядром протыкания в этой структуре служат сумгаитские пестроцветные глины; хорошей «смазкой» являются глины коуна. С зонами ядер протыкания и связаны грязевые вулканы набурской группы.



Фиг. 14. Поперечные разрезы через западный Набур

1 — сопочная брекчия; *2* — сопки грязевых вулканов; *3* — понтический ярус; *4* — диатомовые слои; *5* — диатомовые слои; *6* — диатомовые слои; *7* — диатомовые слои; *8* — спириалисовые слои; *9* — не раздел. диатомовые и спириалисовые слои; *10* — майкопская свита; *11* — майкопская свита; *12* — коунская свита, верхний отдел; *13* — коунская свита, средний отдел; *14* — коунская свита, нижний отдел; *15* — сумгаитская свита

В восточнонабурской группе грязевой вулкан связан с прорывом коунских пород через покров нижнего и верхнего майкопа (фиг. 13).

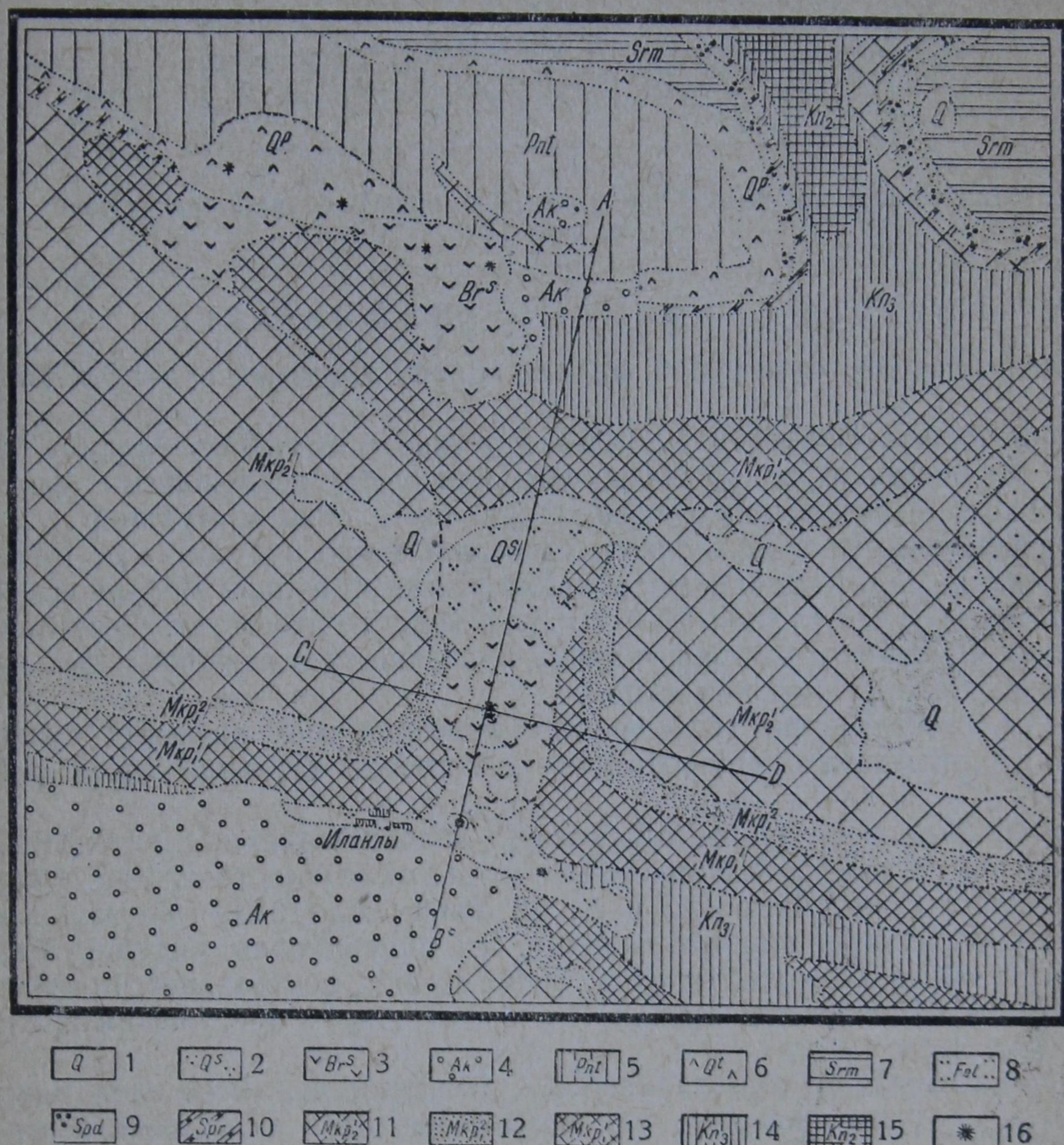
Грязевой вулкан Иланлы

Весьма интересна и оригинальна структура грязевого вулкана Иланлы (Ших-загирлы, или Большой Маразинский — по наименованию других исследователей).

Этот грязевой вулкан расположен в 10 км восточнее сел. Маразы и в 1 км к северу от сел. Иланлы. Само селение Иланлы лежит на своде антиклинальной складки на слоях верхнего коуна. В 3 км севернее и параллельно первой

проходит вторая антиклинальная складка, в своде которой выходят низы майкопской свиты. Между этими двумя широтными антиклинальными складками лежит широкая синклиналь, названная нами джейран-кечмасской. К этой-то джейран-кечмасской синклинали и приурочен грязевой вулкан Иланлы.

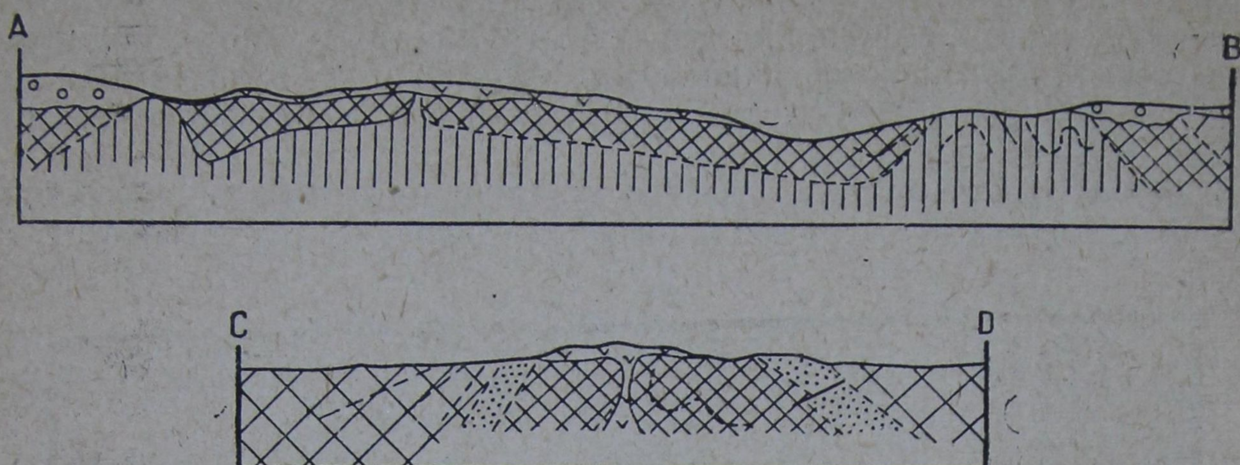
Грязевой вулкан Иланлы—мощный вулкан и по размерам и по своей деятельности. Его высота около 200 м, диаметр подошвы основания более 1 км.



Фиг. 15. Геологическая схема иланлинской группы грязевых вулканов

1 — современные отложения; *2* — переотложенная брекчия; *3* — сопочная брекчия; *4* — акчагыльский ярус; *5* — понтический ярус; *6* — оползни и обвалы понта; *7* — сарматский ярус; *8* — конкско-фоладовые слои; *9* — караганский горизонт; *10* — чокракско-спириалисовые слои; *11* — средний майкоп; *12* — нижний майкоп; *13* — майкопская свита; *14* — верхний коун; *15* — средний коун; *16* — грязевой вулкан

При рекогносцировочных исследованиях создается впечатление, что грязевой вулкан Иланлы приурочен к синклинали. В действительности же это не так. Как раз против сел. Иланлы широкая джейран-кечмасская синклиналь осложнена поперечной антиклиналью (фиг. 15 и 16). Синклиналь эта на поверхности сложена верхами майкопской свиты, а в ядре вторичной, поперечной антиклинальной складки выходят глины и мергеля самых низов майкопа; местами на поверхность выдавлен и зеленый коун (верхний коун). К этому диапиру коуна и приурочен грязевой вулкан. И здесь, следовательно, мы имеем актиклинальную складку диапирового типа.



Фиг. 16. Поперечные разрезы Южноиланского грязевого вулкана (условн. обозн. см. фиг. 15)

Грязевые вулканы Мишов-дага

Рассмотрим еще один район, именно группу грязевых вулканов Мишов-дага.

Район Мишов-дага лежит в 80 км к юго-западу от г. Баку близ ст. Аджи-кабул Закавказской ж. д. На хребте Мишов-даг расположены (фиг. 17) три мощных действующих грязевых вулкана и один «потухший».

К действующим, хотя и слабо, относятся такие колоссы, как Большой Мишов-даг и Малый Мишов-даг, а также грязевой вулкан Нефтяной балки. Четвертый грязевой вулкан, Кыз-даг, уже давно не действует. Деятельность этих трех вулканов в настоящее время проявляется в виде обильных грязевых грифонов и небольших сопок.

Чтобы уяснить себе геологическое строение всех грязевых вулканов района Мишов-дага, целесообразно рассмотреть строение этого района в целом.

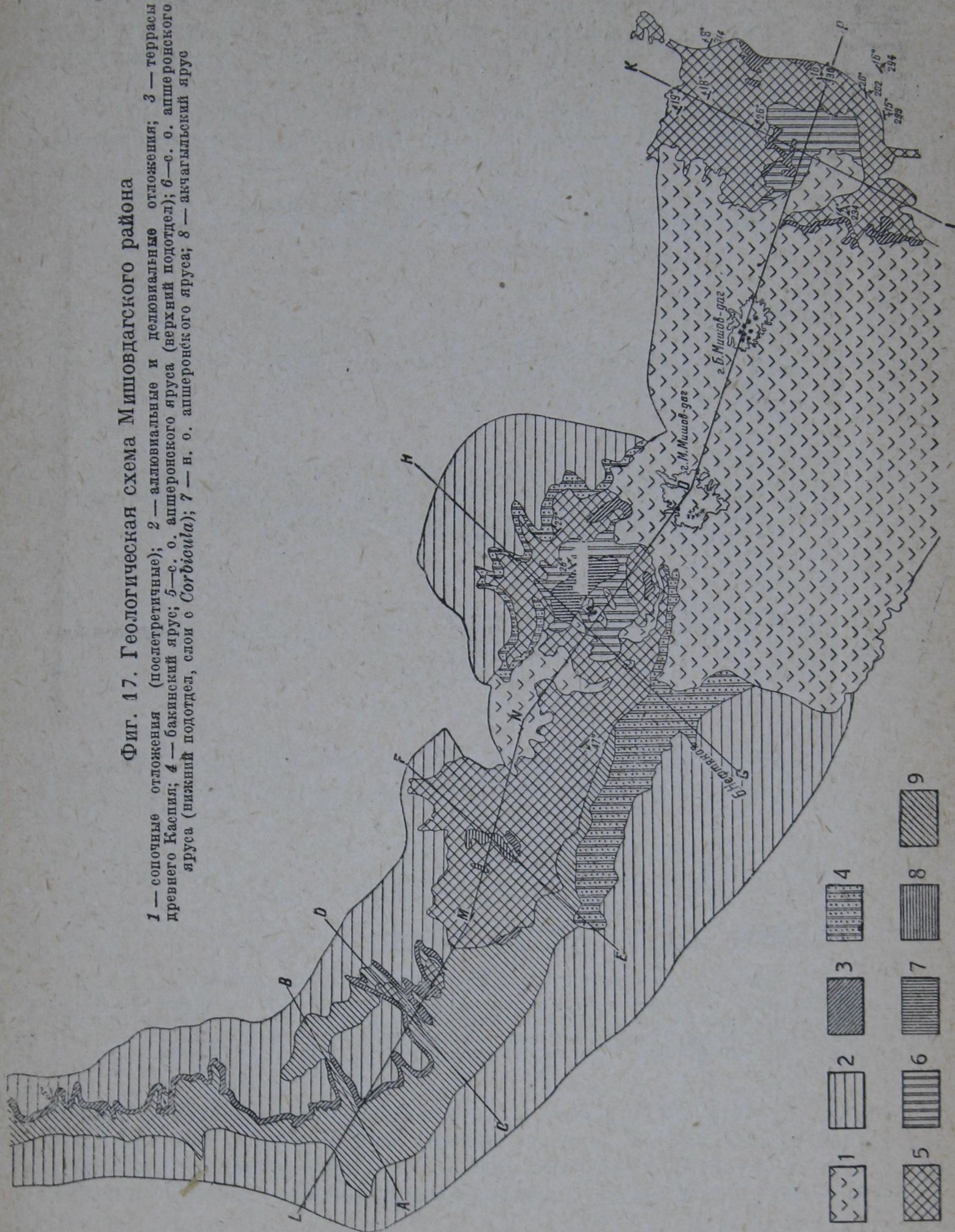
Хребет Мишов-даг от ст. Аджи-кабул вначале тянется в юго-восточном направлении, а затем это направление меняется на широтное. Как показали исследования С. Ф. Федорова и А. М. Рашкуева (1930—1931 гг.), хребет представляет антиклинальную складку. Эта антиклиналь, ундулируя вдоль своей оси, образовала три вздутия. Одно из них, центральное, приурочено к Нефтяной балке, а два других — к зонам общего погружения антиклинали (фиг. 18 и 19).

В своде западного купола наиболее древними являются слои нижнего подотдела среднего апшерона, так называемые слои с *Corbicula fluminalis*. Этот купол мы называем западным, или кыздагским. Аналогично построен и восточный купол, с тем только отличием, что корбикулиевые слои здесь на поверхности более развиты.

В центральном же куполе, в куполе Нефтяной балки, широко развиты отложения нижнего апшерона, проткнутые слоями продуктивной толщи (см. разрез по линии *G—H*, фиг. 19). Диапировая тектоника в куполе Нефтяной балки резко выражена: нижний и средний апшерон проткнуты слоями продуктивной толщи, а в остальных куполах Мишов-дага тектоника криптодиапировая. Диапировая тектоника мишовдагской антиклинали обусловила и наличие сбросов, ясно выраженных по всей антиклинали и особенно резко в зонах указанных куполов.

Все грязевые вулканы Мишов-дага приурочены именно к зонам погружения этих куполов; на восточном погружении кыздагского купола сидит грязевой вулкан Кыз-даг; к диапировому ядру купола Нефтяной балки приурочен грязевой вулкан того же названия; на восточном погружении купола Нефтяной балки расположен грязевой вулкан Малый Мишов-даг,

а на западном погружении восточного купола — Большой Мишов-даг. Возможно, что и в зонах Большого и Малого Мишов-дага имеются свои ядра протыкания; это покажет дальнейшее бурение.



Фиг. 17. Геологическая схема Мишовдагского района

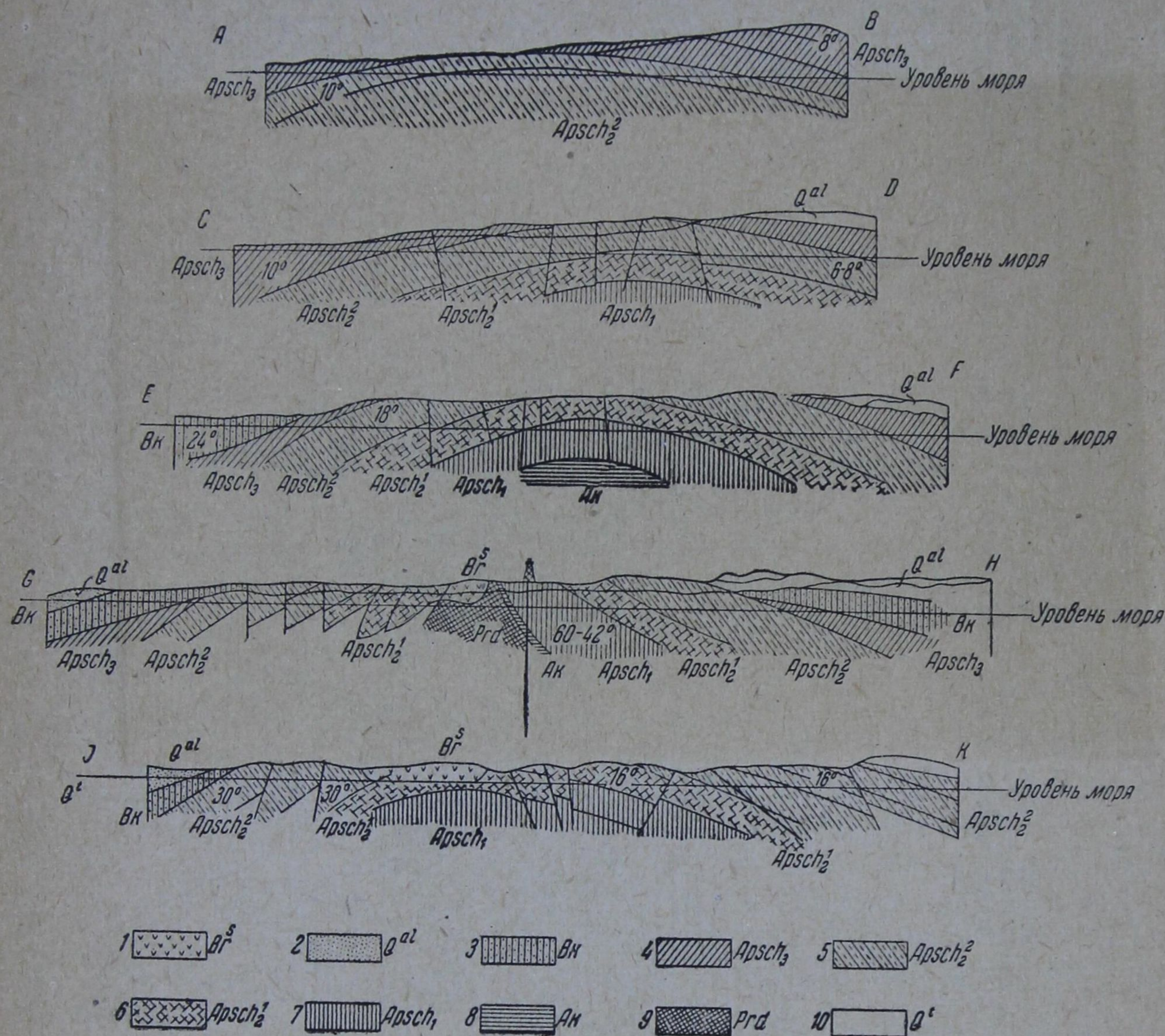
1 — сопочные отложения (послетретичные); *2* — аллювиальные и делювиальные отложения; *3* — террасы древнего Каспия; *4* — бакинский ярус; *5* — с. о. апшеронского яруса (верхний подотдел); *6* — с. о. апшеронского яруса (нижний подотдел, слои с *Corbicula*); *7* — н. о. апшеронского яруса; *8* — акчагыльский ярус

Остальные грязевые вулканы Азербайджана также приурочены к антиклинальным складкам. Правда, в том же Азербайджане несколько грязевых вулканов считаются синклинальными. На этих «синклинальных» вулканах мы и остановимся. Начнем с грязевого вулкана Малая Кяниза.

Грязевой вулкан Малая Кяниза

В 60 км к юго-западу от г. Баку и в 4 км западнее ст. Дуванный Закавказской ж. д. имеется грязевой вулкан Малая Кяниза. В настоящее время Малая Кяниза не действует, как и расположенный по соседству великан Большая Кяниза, но его форма усеченного конуса, его брекчия и другие признаки определенно указывают на былую мощную грязевулканическую деятельность.

Что же представляет собою грязевой вулкан Малая Кяниза? Это — гора, имеющая вид усеченного конуса, высотою 304 м, при диаметре подошвы



Фиг. 19. Поперечные резрезы Мишовдагского района

1 — сопочные отложения (послетретичные); 2 — аллювиальные и делювиальные отложения; 3 — бакинский ярус; 4 — верхний отдел апшеронского яруса; 5 — средний отдел апшеронсксго яруса (верхний подотдел); 6 — средний отдел апшеронского яруса (нижний подотдел, слои с *Corbicula*); 7 — нижний отдел апшеронского яруса; 8 — акчагыльский ярус; 9 — продуктивная толща; 10 — террасы древнего Каспия

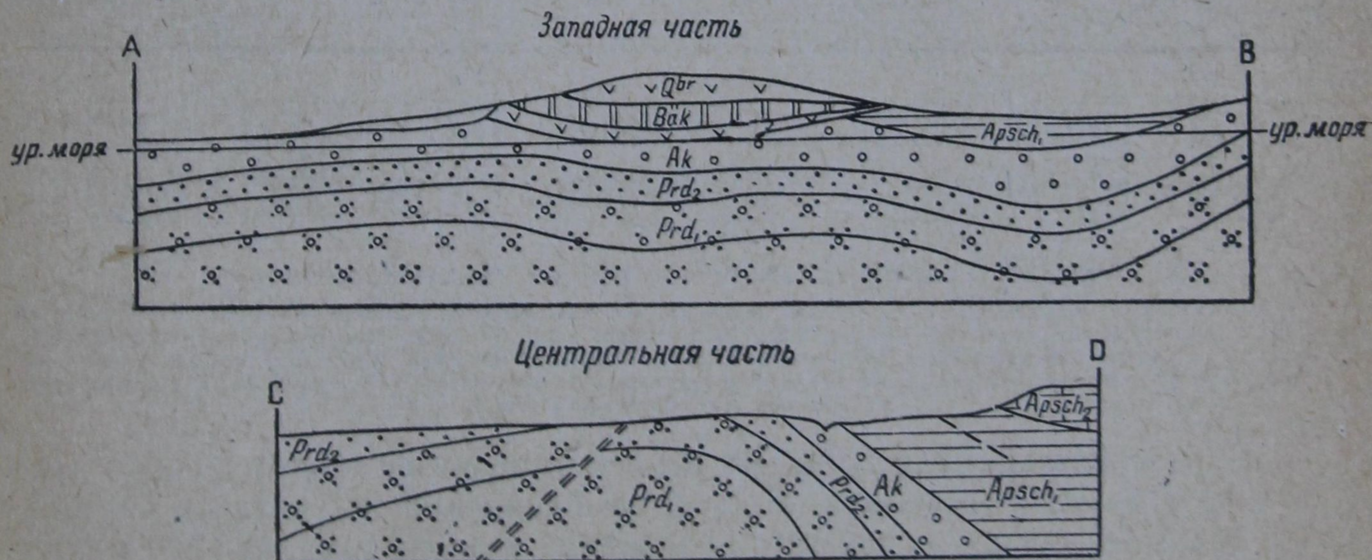
основания около 1.5 км. Гора эта в основном сложена из сопочной брекчии. На половине высоты этой горы, среди сопочной брекчии, выходят известняки бакинского яруса, имеющие падение к центру грязевого вулкана под углом в 5—10°. Это и создает впечатление синклинали. Фактически же дело обстоит иначе.

Бакинский ярус, действительно, образует чашу: все слои падают к центру грязевого вулкана. Если же проследить строение апшерона, а особенно акчагыла и продуктивной толщи, то представится совсем иная картина. Как видно из геологической схемы (фиг. 20), слои акчагыла падают веером во все стороны от грязевого вулкана, т. е. слои акчагыла залегают периклинально, а свод антиклинали — купол Дуванный — в целом сложен поро-

Q^{dl} 1 Q^{br} 2 Bak 3 $Apsch_2$ 4 $Apsch_1$ 5 Ak 6 Prd_2 7 Prd_1 8

Фиг. 20. Геологическая схема района Малая Кяниза — Дуванный

1 — современные отложения; *2* — сопочная брекчия; *3* — бакинский ярус; *4* — средний апшерон; *5* — нижний апшерон; *6* — акчагыльский ярус; *7* — верхние 100 м продуктивной толщи; *8* — продуктивная толща.

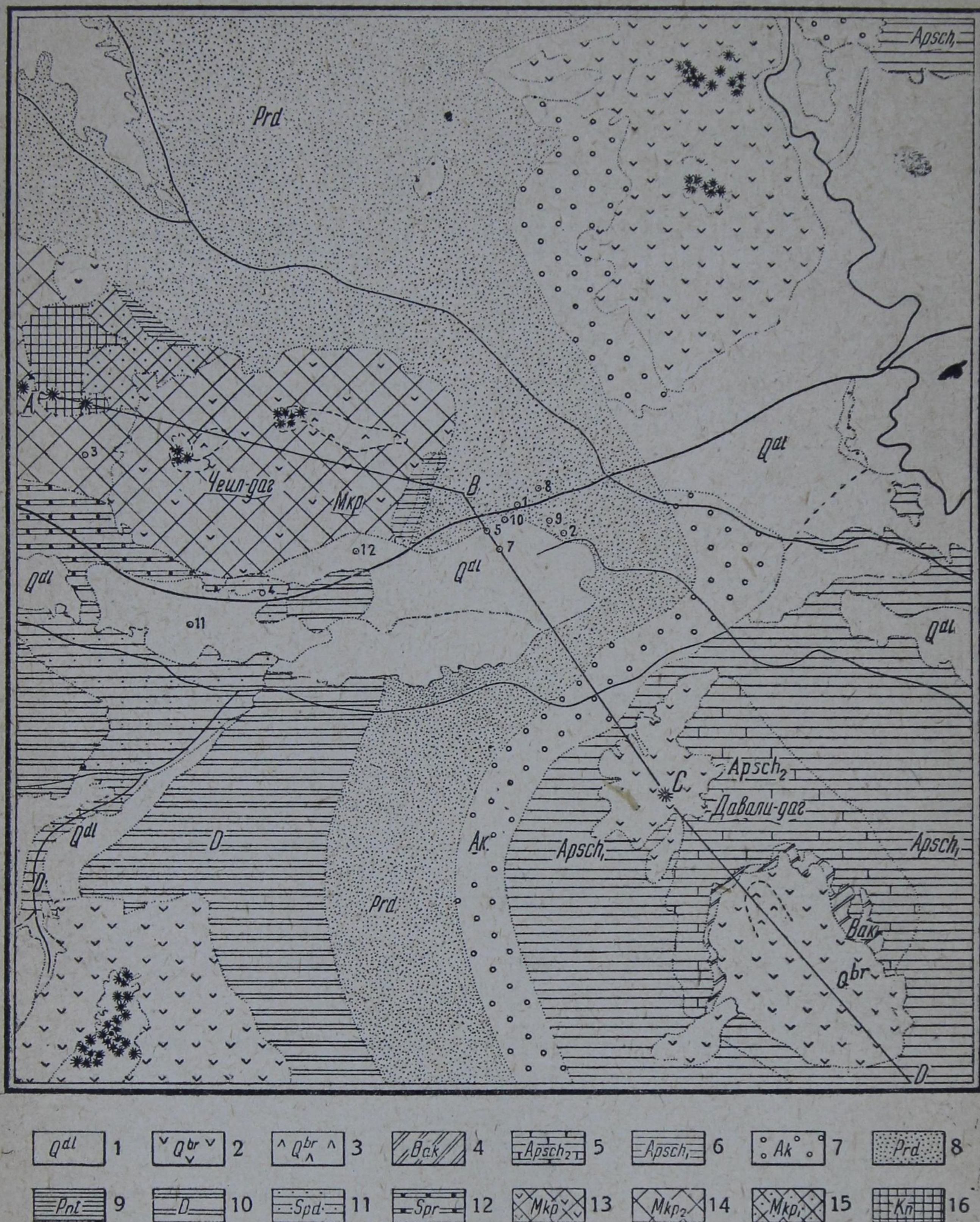


Фиг. 21. Поперечные разрезы района Малая Кяниза — Дуванный

Грязевые вулканы, стр. 22

Фиг. 18. Продольный разрез Мишовдагского района.

дами продуктивной толщи. Зона грязевого вулкана находится, таким образом, на северо-западном погружении купола Дуванного. Детали строения этого купола видны из фиг. 20—21.



Фиг. 22. Геологическая схема района Чеил—Давали-даг

1 — делювиальные отложения; *2* — сопочная брекчия; *3* — выпирающая сопочная брекчия; *4* — бакинский ярус; *5* — апшеронский ярус, средний отдел; *6* — апшеронский ярус; *7* — акчагыльский ярус; *8* — продуктивная толща; *9* — понтический ярус; *10* — диатомовая свита; *11* — спаниодонтелловые слои; *12* — чокракско-спириалисовые слои; *13* — майкопская свита; *14* — майкопская свита верхнего отдела; *15* — майкопская свита нижнего отдела; *16* — коунская свита

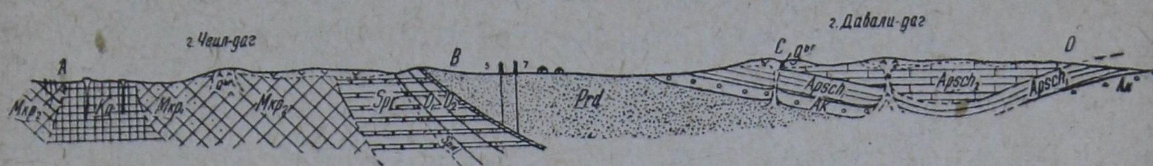
Итак, грязевой вулкан Малая Кяниза приурочен к погружению укороченной брахиантиклинали. Прогиб же бакинских известняков обусловлен осложнением зоны грязевого вулканизма подобно тому, как это мы наблюдали в Бураше на Керченском п-ове. Таким образом, прогиб этот обусловлен деятельностью грязевого вулкана: значительная масса брекчии была

выброшена на поверхность, но на глубине эта масса не компенсировалась притоком породы; и вот под тяжестью выброшенной на поверхность брекчии и произошел (и происходит!) прогиб.

Явного диапиризма в этом случае не наблюдается, но наличие его, по аналогии с остальными структурами грязевых вулканов, можно предполагать. Здесь имеет место криптодиапировая структура.

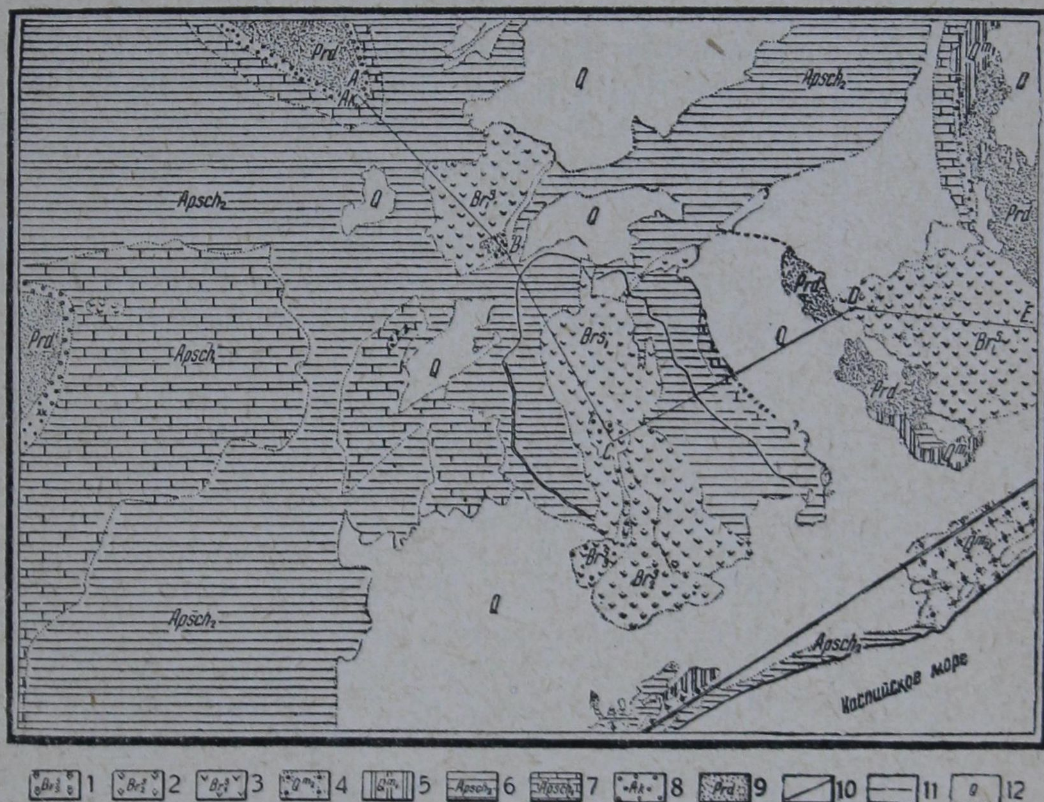
Грязевые вулканы Чеил — Давали-даг

Чеильский район находится в 70 км к юго-западу от Баку, в центральном Кабристане. Что район горы Чеил представляет собою антиклинальную складку диапирового типа, в которой ядром протыкания являются глины майкопской свиты, — это хорошо всем известно и никем не отрицается.



Фиг. 23. Продольный геологический разрез района Чеил—Давали-даг

Поэтому с этой стороны описывать Чеил мы не будем. Отметим только, что антиклиналь эта тянется в широтном направлении и считалась погружающейся в восточном направлении. Отметим также, что к чеильской диапировой структуре приурочена целая группа грязевых вулканов, расположен-

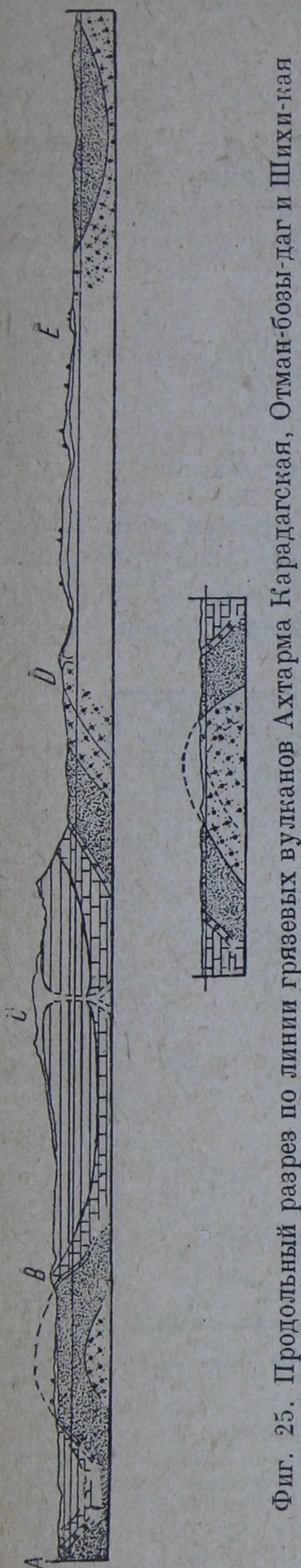


Фиг. 24. Геологическая схема района Отман-бозы-даг

1, 2, 3 — различные по возрасту отложения грязевых вулканов; *4* — отложения современного Каспия, *Cardium edule*; *5*—древнекаспийские отложения; *6*— средний апшерон; *7* — нижний апшерон; *8* — акчагыльский ярус; *9* — продуктивная толща; *10* — известк. апшерон; *11* — вулканич. пепел; *12* — четвертичные отложения

ных как на коуне, так и на майкопе (фиг. 22 и 23). Диапиризм чеильской структуры, кстати сказать, хорошо виден не только на поперечных разрезах, но и на приведенном продольном (фиг. 23), где ядро коуна контактирует, с одной стороны, с нижним майкопом, а с другой — со средним отделом тех же слоев.

Итак, доказывать антиклинальное строение и диапировый характер этой антиклинали нет нужды: это уже давно известно. Что же касается характера структуры грязевых вулканов района Давали-даг, то на нем следует несколько остановиться. Из опубликованной геологической карты района Давали-даг видно (фиг. 24 и 25), что эта гора и грязевые вулканы, расположенные на ней, представляют синклиналь. Синклинальное строение Давали-даг вырисовано по известнякам среднего апшерона: они действительно падают в сторону грязевых вулканов. Составивший эту карту геолог, конечно, формально прав: раз пласты падают в сторону этой горы, то гора Давали-даг имеет синклинальное строение.



Фиг. 25. Продольный разрез по линии грязевых вулканов Ахтарма Карадагская, Отман-бозы-даг и Шихи-кая

Однако, к изучению этого района мы подошли уже имея большой фактический материал по другим районам, и синклинальное строение Давали-дага нам уже не казалось обычным. После ознакомления со структурой известняков среднего апшерона мы перешли к изучению нижележащих глин нижнего апшерона и в них могли наблюдать уже иное строение.

Так например, к юго-востоку от северного грязевого вулкана Давали-даг, показанного на карте одной звездочкой (фиг. 22), в известняках среднего апшерона замечается падение в сторону вулкана, т. е. на северо-запад, в метрах в 100 ниже, в глинах нижнего апшерона, прекрасно видно падение к востоку. Следовательно, тектоника известняков среднего апшерона совершенно не совпадает с тектоникой нижележащих глин. Словом, обнаруживается такая же картина, как и в Малой Кянизе.

Отсюда напрашивается вывод: Давали-даг — не синклинального строения, а антиклинального. Это подтверждается и сравнением Давали-дага с Чеилом.

Как мы уже отмечали, чеильская антиклиналь считалась погружающейся на восток, к Миаджику. В действительности же это не так: чеильская антиклиналь вначале тянется с запада на восток, а затем, в пределах выхода на поверхность слоев продуктивной толщи, она начинает поворачивать к югу и погружается не к Миаджику, а в сторону Давали-дага. Таким образом, грязевые вулканы гряды Давали-даг, как это хорошо видно из прилагаемого профиля Чеил—Давали-даг (фиг. 23), приурочены к зоне глубокого погружения чеильской антиклинальной складки. Имеется ли и здесь, на Давали-даге, в глубине диапир, мы, изучая только гору Давали-даг, не знаем, но чеильская структура в целом, как известно, резко выраженного диапирового строения. Вывод из всего сказанного таков: и на Давали-даге грязевые вулканы связаны с антиклинальной складкой диапирового типа; никакой синклинали здесь нет.

Грязевой вулкан Отман-бозы-даг

Третьим «синклинальным» грязевым вулканом считается Отман-бозы-даг — и совершенно не обоснованно.

Отман-бозы-даг — один из самых мощных грязевых вулканов Азербайджана — расположен на известняках среднего апшерона. Слои среднего апшерона перекрыты сопочными отложениями вулкана; сопочная брекчия делит поле апшеронских известняков, как это видно из фиг. 24, на две части: на северо-восточную и юго-западную. Действительно, и с северо-востока и с юго-запада известняки апшеронского яруса падают в сторону грязевого вулкана, создавая видимость синклинали. Но это так лишь кажется. При учете геологического строения не только горы Отман-бозы-даг, но и прилежащих участков, вырисовывается иная картина (фиг. 24 и 25).

Непосредственно к северо-востоку от Отман-бозы-дага расположена сложно построенная карадагская антиклинальная складка, с осью сначала меридионального направления, а затем, южнее, широтного. С начала перехода этой антиклинальной складки из меридионального в широтное направление, до погружения под Отман-бозы-даг, эта часть антиклинали занята карадагскими грязевыми вулканами. В районе Кара-дага эта антиклиналь в своде сложена низами продуктивной толщи.

Итак, карадагская антиклинальная складка погружается в сторону грязевого вулкана Отман-бозы-даг, но антиклиналь здесь не заканчивается, а разветвляется: одна ее ветвь идет в северо-западном направлении, в сторону Анарта-Шихи-кая, а другая — в западном направлении, в сторону Миаджика. И в Шихи-кая, и в Миаджике на поверхность снова выходит продуктивная толща.

Таким образом, грязевой вулкан Отман-бозы-даг расположен не в синклинали, а на своде антиклинальной линии, правда, на одном из погружений этой антиклинали. Замеры же в известняках среднего апшерона частично обусловлены погружением одной из ундуляций указанной большой антиклинали, частично же прогибом (аналогично Давали-дагу, Малой Кянизе и другим грязевым вулканам), осложненным нагрузкой сопочной брекчии.

Явных признаков диапиризма здесь, если судить по тектонике среднего апшерона, не имеется. Но карадагская антиклинальная складка резко диапирового типа; шихикаинская — тоже. Таким образом, общий характер антиклинальной линии — диапировый. Этого для нас вполне достаточно, чтобы утверждать, что грязевой вулкан Отман-бозы-даг приурочен к одному из погружений большой антиклинальной складки диапирового типа.

Все приведенные примеры структур относятся к грязевым вулканам, где пока еще нет промышленной разработки нефти. Все эти структуры принадлежат к антиклинальным складкам диапирового типа, в одних случаях явно, в других — криптодиапирового типа. Может возникнуть вопрос: а имеются ли грязевые вулканы на промысловых площадях и каковы их структуры?

Да, имеются. В настоящее время известно несколько грязевых вулканов, к зонам которых приурочены мощные нефтяные месторождения. Опишем очень кратко две таких зоны: зону грязевого вулкана Бог-бога и Биби-эйбата. На этих двух примерах мы останавливаемся потому, что они лучше других изучены, глубже разведаны и, вместе с тем, это — самые мощные в мире нефтяные месторождения.

Грязевой вулкан Бог-бога

Грязевой вулкан Бог-бога расположен непосредственно к западу от одного из мощнейших нефтяных месторождений — Ленинского. Балахано-Сабунчино-Романинское (Ленинское) нефтяное месторождение приурочено к антиклинальной складке широтного простирания, сложенной на поверхности слоями от верхнего отдела продуктивной толщи до среднего апшерона включительно. К западу эта антиклиналь поднимается и в пределах

грязевого вулкана Бог-бога на поверхность выходят слои нижнего отдела продуктивной толщи, а в ядре выпирания Бога-бога — слои коуна.

Слои коуна при своем продвижении вверх прорвали все вышележащие породы, в том числе и слои продуктивной толщи. Коунское ядро выпирания на Бог-бога имеет эллиптическую форму размерами до 200 м в поперечнике. Двигаясь вверх, это ядро, естественно, увлекло и выдавило на поверхность и более молодые слои. Так, в северной части этого ядра между коуном и продуктивной толщей видны зажатые пласты майкопской свиты и спириалисовых пород. На юге кое-где имеются линзы диатомовых слоев и понта. А в большей части коунские глины и мергеля непосредственно соприкасаются с разными свитами продуктивной толщи.

На южном склоне грязевого вулкана Бог-бога, — в карьерах, где ведется разработка коунских глин для глинистого раствора, наблюдаются явления, свидетельствующие о силе давления. В одном обрыве видно, как огромные глыбы коунских мергелей вдавлены в виде огромного клина в сбросовую трещину продуктивной толщи. Породы коунской свиты, особенно близ контактов, раздроблены на отдельные линзы со сплошными зеркалами скольжения.

Таким образом, на Бог-бога имеется классическое диапировое ядро протыкания и приуроченный к этому ядру грязевой вулкан, а на погружении складки — мощное нефтяное месторождение. Геологическая карта этого района давно опубликована проф. Д. В. Голубятниковым, поэтому мы ее здесь не приводим, а добавляем в описании лишь то, что удалось наблюдать в современном карьере.

Грязевой вулкан Биби-эйбат

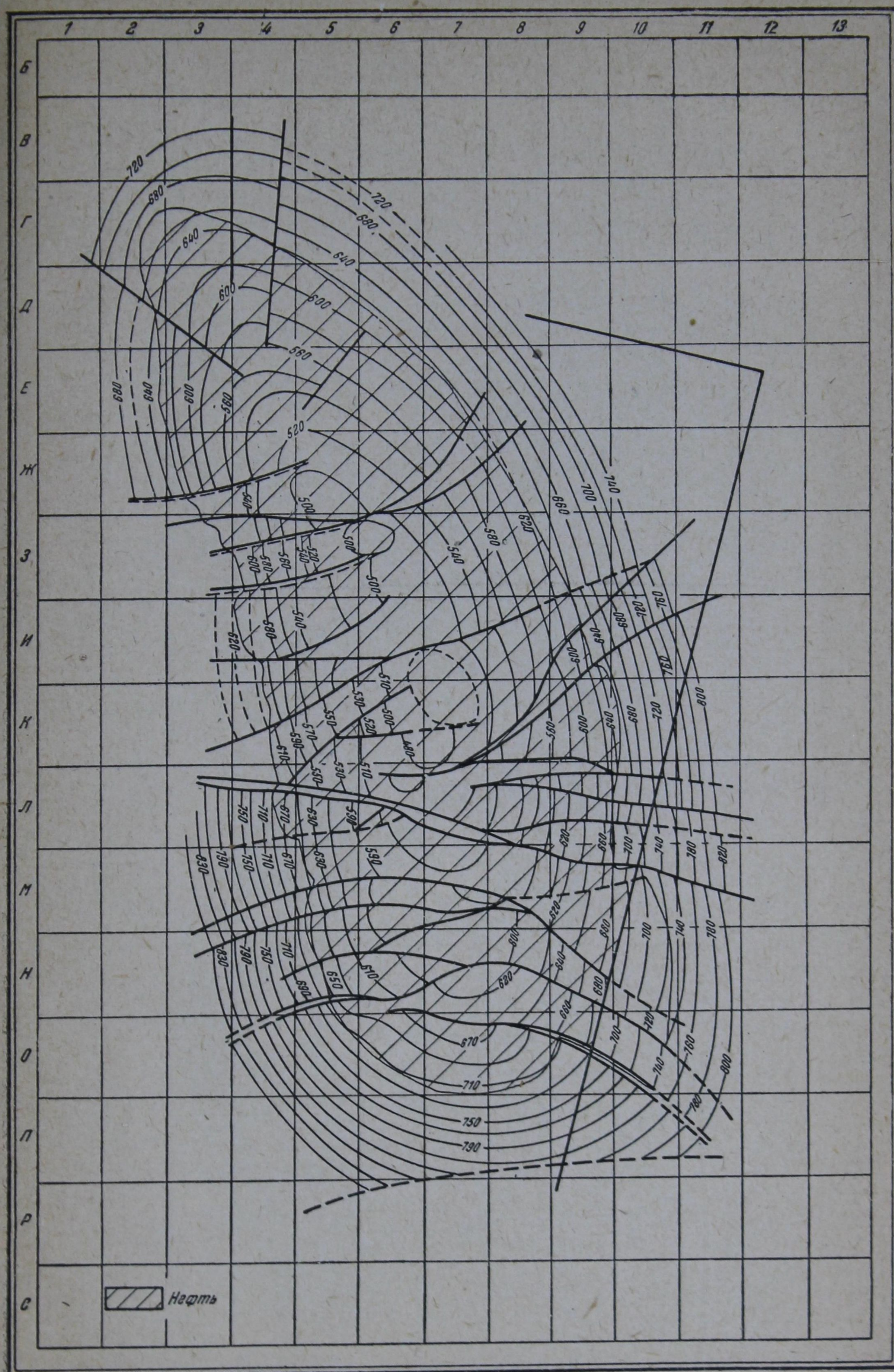
Деятельность грязевого вулкана в пределах Биби-эйбата на поверхности проявлялась очень слабо: наблюдалось лишь несколько выходов газа в биби-эйбатской бухте, да на суше имелся грязевой грифон, к 1903 г. прекративший свое существование. Однако благодаря бурению на бухте, начатом с 1923 г., удалось обнаружить на глубине, начиная с 50—100 м, сплошную брекчию и констатировать наличие мощного ископаемого грязевого вулкана.

Геологическое строение Биби-эйбата описано Д. В. Голубятниковым в классической монографии, опубликованной в 1914 г. Однако в монографии говорится о строении этой площади на основании данных того времени, т. е. о строении структуры по апшерону, акчагылу и по верхнему отделу продуктивной толщи. Глубокое же бурение на этой площади, как и на остальных площадях Азербайджана, показало, что тектоника верхних, молодых свит не совпадает с тектоникой более древних слоев.

Так например, в описании Д. В. Голубятникова (по данным 1910—1912 гг.) Биби-эйбат представляет собою пологую брахиантиклинальную складку с углами падения максимум до 20°; обычно же слои на крыльях наклонены под углами 8—10°.

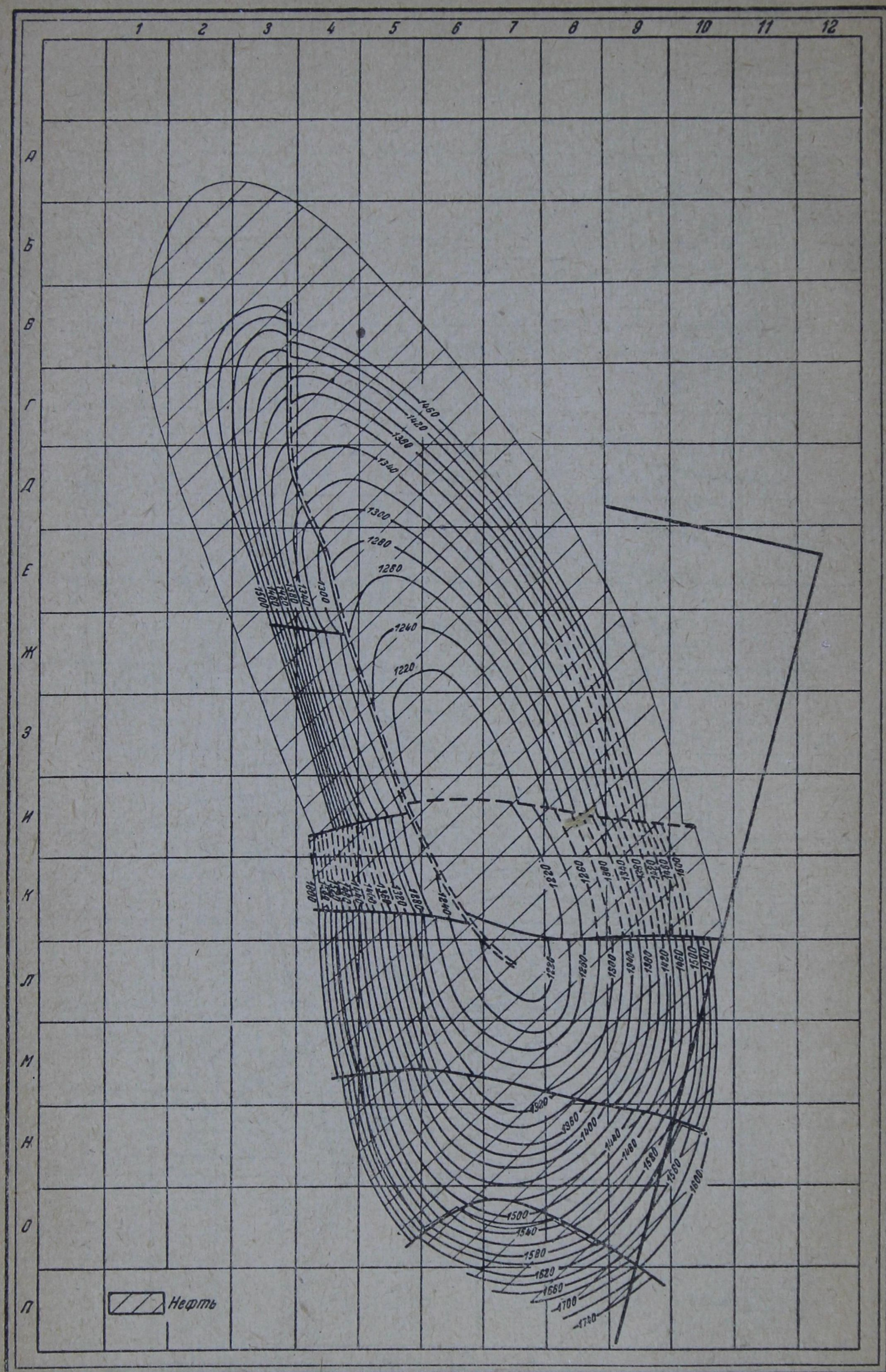
Если взять не апшеронский ярус, а хотя бы низы верхнего отдела продуктивной толщи, то здесь имеется уже существенная разница (фиг. 26): брахиантиклиналь становится более узкой, углы круче (до 30°). Если же взять структурную карту по Н. К. П., то углы окажутся еще круче (фиг. 27). А в слоях понта (фиг. 28) наблюдаются углы падения до 45° и круче.

Если к тому же учесть уменьшение мощности слоев продуктивной толщи на своде брахиантиклинали и увеличение мощности на крыльях, то окажется, что здесь налицо типичная диапировая складка. К своду этой диапировой (криптодиапировой) структуры и приурочен ископаемый грязевой вулкан Биби-эйбат, или «вулкан бухты», как его иначе называют.



Фиг. 26. Структурная карта по подошве X пласта Биби-эйбата

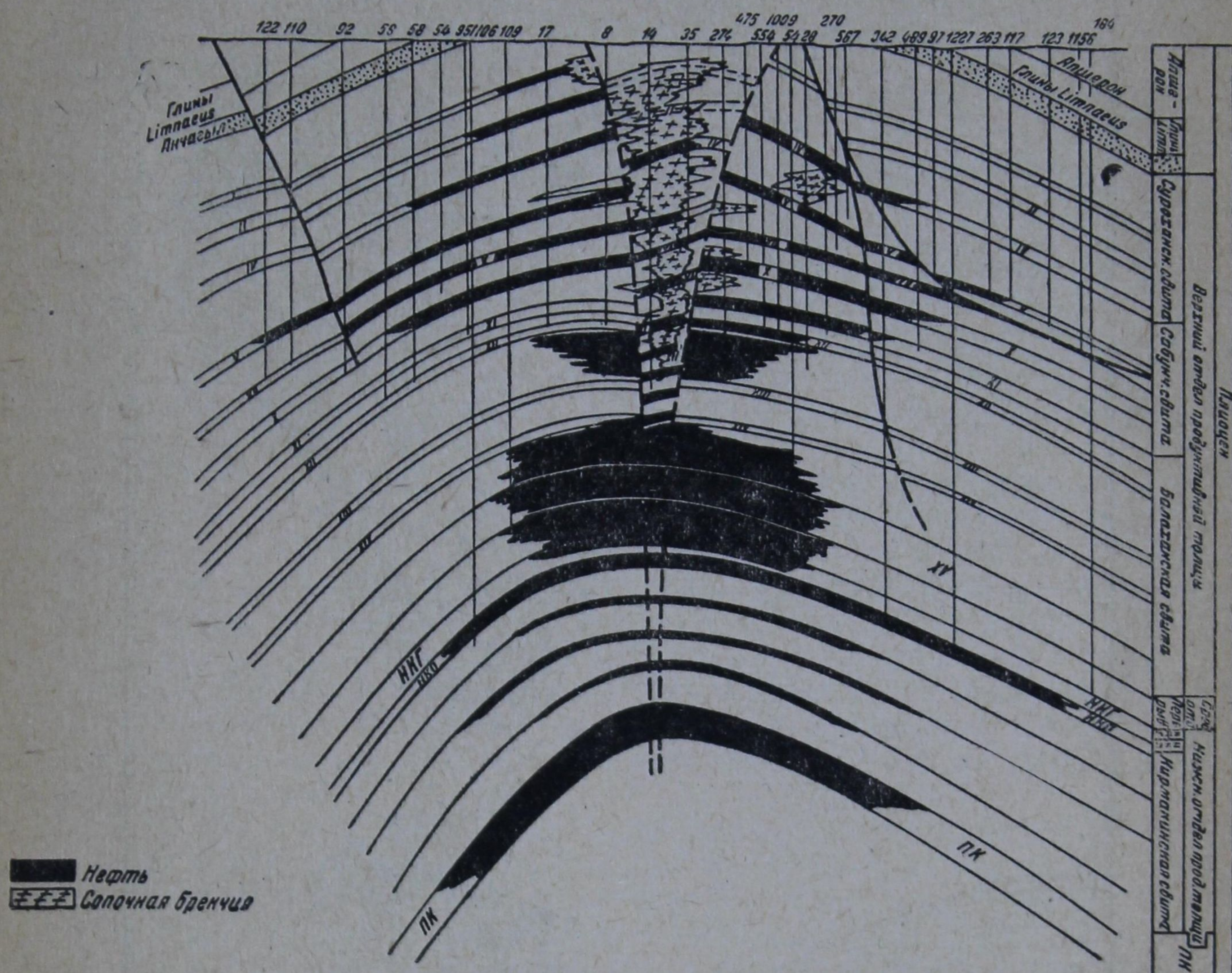
Примечание. Фиг. 26—31 составлены промысловыми геологами Азербайджана.



Фиг. 27. Структурная карта Биби-эйбата (по Н. К. П.)

На примерах структур двух приведенных грязевых вулканов промысловых площадей видно, что и эти грязевые вулканы связаны с антиклинальными складками диапирового типа.

Из изложенного вытекает еще более общий вывод: все грязевые вулканы связаны со структурами диапирового типа, а так как грязевые вулканы в Азербайджане широко развиты, то и все остальные структуры в зонах развития грязевых вулканов Азербайджана — диапирового типа. В действительности дело так именно и обстоит. Мы попытаемся доказать это положение на двух-трех примерах промысловых площадей, где нет грязевых вулканов. Возьмем в качестве примера Шубаны, Сураханы — Зых и Кала.



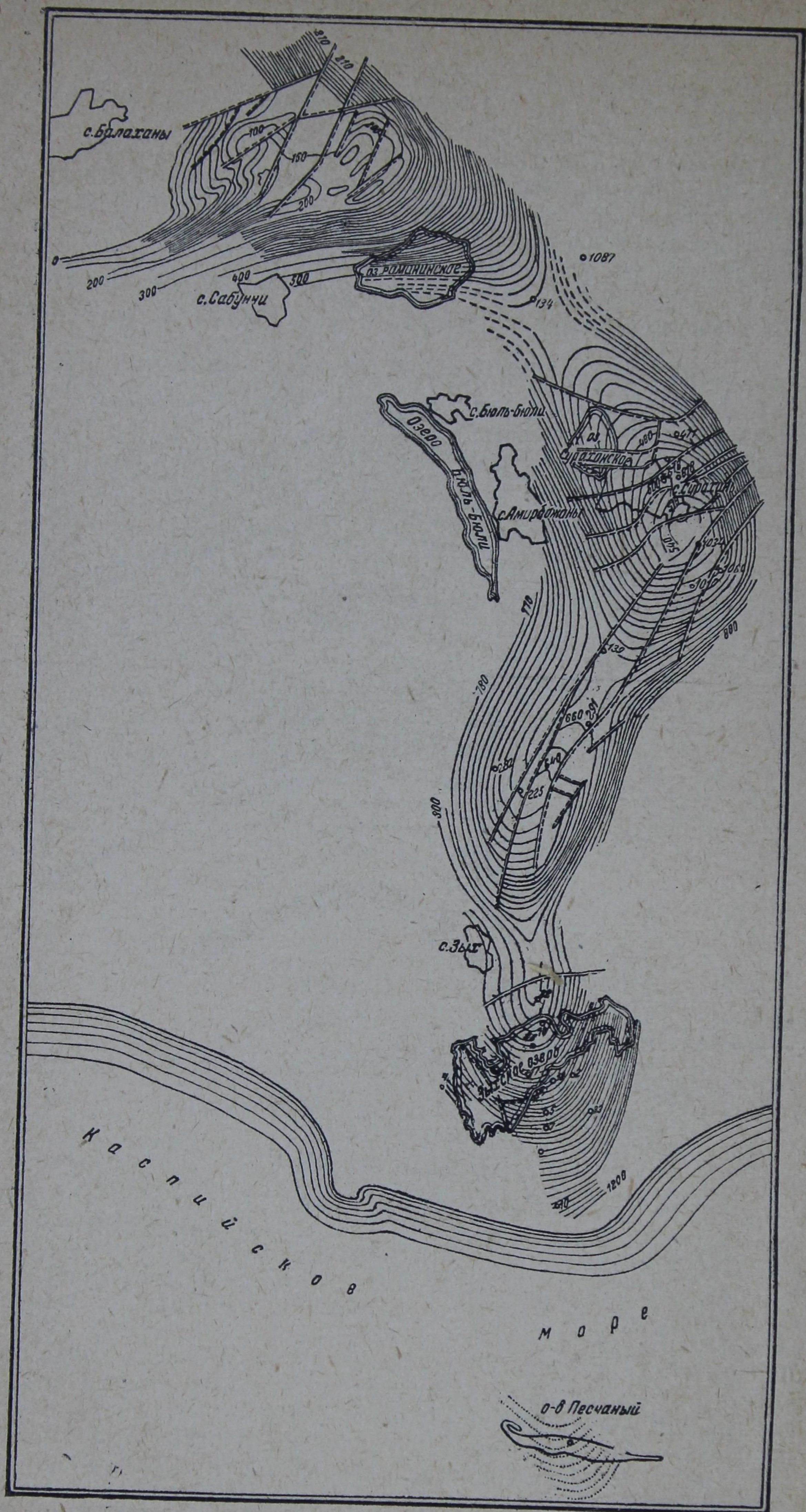
Фиг. 28. Поперечный профиль Биби-эйбата

Шубанинская антиклиналь

Что касается Шубанов (Аташкя), то мы будем здесь очень кратки, так как эта структура давно и подробно описана (и описание опубликовано) Д. В. Голубятниковым. И из этого описания, подтвержденного последующими более детальными работами, следует, что шубанинская антиклиналь является классическим примером диапировой структуры. В чем же это выражается?

Шубаны — антиклинальная складка меридионального направления, сложенная в основном из слоев продуктивной толщи. Складка эта, ундулируя, образовала две брахиантиклинали, своды которых прорваны в одном случае коунскими слоями, в другом — глинами майкопской свиты. Последнее наблюдается в южной брахиантиклинали. Рассмотрим эту южную брахиантиклиналь.

При своем движении вверх майкопское ядро захватило и увлекло и более молодые слои: слои чокрака, диатомовые, понтические. Но все эти слои



Фиг. 29. Структурная карта по подошве I горизонта нефтяных месторождений Раманы — Сураханы — Кара-чухур — Зых — Песчаный

представлены лишь частично, а местами совершенно выжаты, так что майкопское ядро контактирует с разными горизонтами — от чокрака до продуктивной толщи. Майкопские глины ядра при этом передавлены, превращены в тектоническую брекчию и круто поставлены; чокрак и остальные слои залегают положе.

Итак, шубанинская (или аташкинская) складка представляет собою классический пример диапировой антиклинали.

Сураханская структура

Рассмотрим теперь другую антиклиналь — Сураханы — Зых, не имеющую на поверхности никаких признаков диапиризма и считавшуюся типичным примером пологой антиклинальной складки.

Как видно из фиг. 29, сураханская брахиантиклиналь, так же как и брахиантиклиналь карачухурская, представляет собою одну антиклиналь, прослеживаемую от берега моря (Зых) на север и северо-запад через Балаханы, Раманы и Кирмаку вплоть до противоположного (северного) берега Апшеронского п-ова.

Балахано-Сабунчино-Раманинская брахиантиклиналь, как мы уже убедились при рассмотрении грязевого вулкана Бог-бога, диапирового строения. К юго-востоку от Ленинского района эта антиклиналь погружается и в районе сел. Сураханы образует новое поднятие, сложенное на поверхности слоями среднего апшерона, и лишь в одном пункте, у б. Сураханского озера, на поверхность выходят слои нижнего апшерона.

Если судить по апшеронскому ярусу и верхам продуктивной толщи, то сураханское поднятие представляет собою брахиантиклиналь с углами падения в 5—7°. Глубокое бурение на этой площади показало, что тектоника более древних слоев существенно иная, как это видно и из поперечного разреза (фиг. 30). Низы продуктивной толщи и понт в этой структуре имеют углы падения уже до 60°. Кроме того сводовые части низов продуктивной толщи не совпадают со сводами верхних горизонтов: своды нижележащих свит смещены к востоку. Если провести ось по брахиантиклинали в апшероне, а также по низам продуктивной толщи, то амплитуда смещения осей будет около 1 км.

Если для сураханской брахиантиклинали учесть: резкое увеличение падения слоев на стратиграфической глубине, общую дисгармонию структур разных горизонтов, увеличение мощности свит по погружению, а также увеличение мощности продуктивной толщи в самих Сураханах в целом, по сравнению с балаханским поднятием, то неизбежно приходим к выводу, что и сураханская брахиантиклиналь диапирового (криптодиапирового) типа.

Аналогично построены структуры Кара-чухура и Зыха, поэтому здесь мы их и не станем описывать. Итак, вся антиклиналь Фатьма — Кирмаку— Балаханы — Сураханы — Кара-чухур — Зых диапирового строения. Отличие лишь в следующем: в одних местах диапировое ядро прорвало всю покрышку, в других слоях оно находится на глубине и на поверхность не вышло. Разница, следовательно, лишь в стадии диапиризма, но не принципиальная.

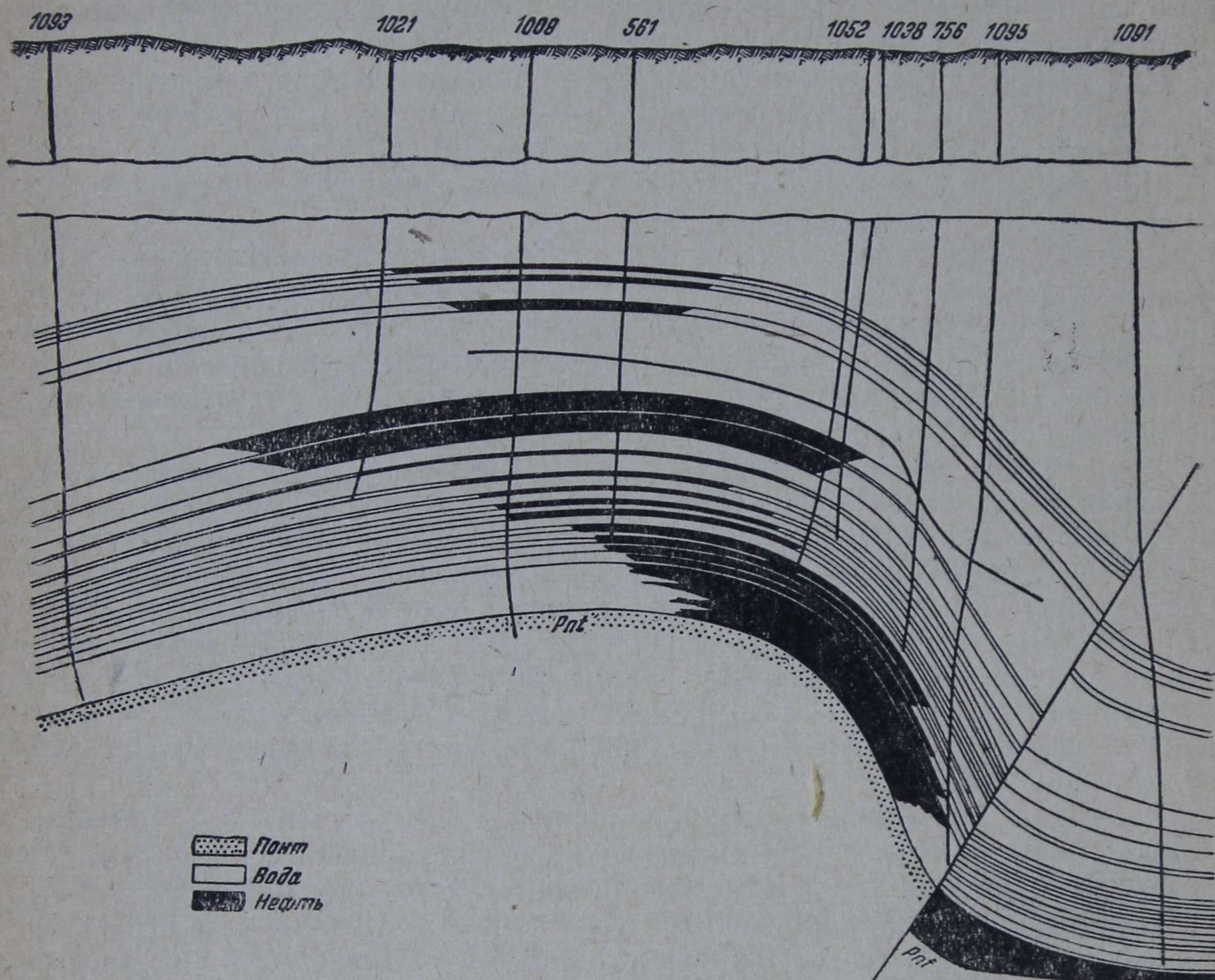
Рассмотрим, наконец, еще структуру Калы, сложенную на поверхности в еще более пологую складку, чем сураханская брахиантиклиналь.

Калинская структура

Мощное и молодое нефтяное месторождение Кала (промысел им. Азизбекова), расположенное в 10 км восточнее Сураханов, с точки зрения нашей темы: грязевые вулканы — диапиризм — нефтеносность, представляет особый интерес.

Это изученное и описанное в свое время геологом В. В. Вебером месторождение, по строению выходящего на поверхность апшеронского яруса, представлялось широкой и пологой брахиантиклиналью, длиною около 10 км и шириною до 3 км. Углы падения на поверхности в слоях среднего апшерона равны 1—3°. Структура эта столь полога, что ряд геологов по этой причине отрицал ее нефтеносность. Эти геологи рассуждали так: если на поверхности имеется антиклинальная складка с углами падения 1—3°, то с глубиною эти углы будут выполаживаться и поэтому в этой структуре нефть не может скопиться в виде промышленной залежи.

Теперь, когда это месторождение дает по 2—3 млн. т нефти в год и является одним из самых мощных месторождений Апшеронского п-ова и всего



Фиг. 30. Поперечный разрез Сураханской брахиантиклинали

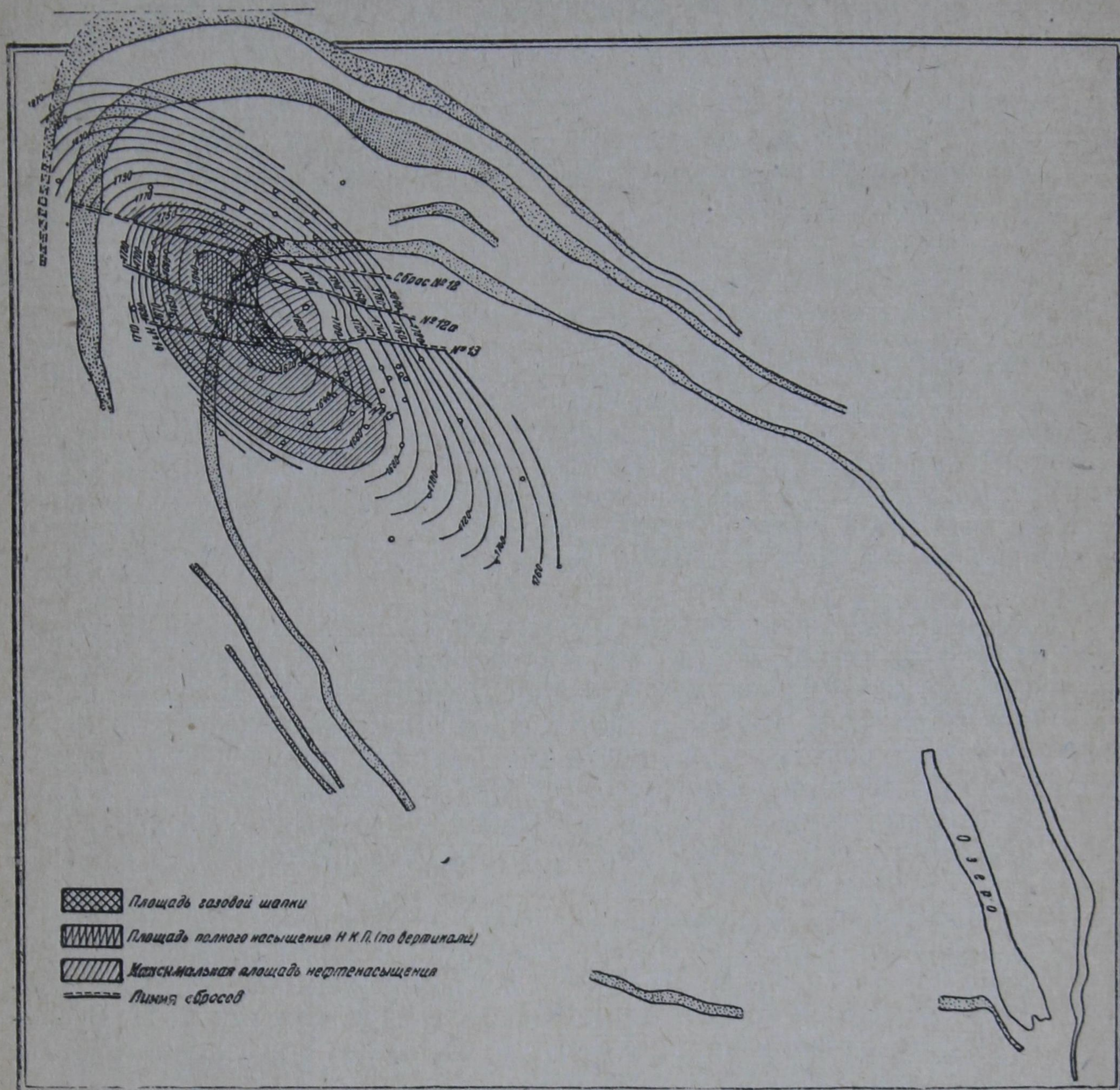
Союза, мы видим, как ошибались указанные геологи. Это месторождение, в соответствии с отмеченной выше общей тектонической закономерностью, оказалось диапирового, точнее криптодиапирового типа, а поэтому и промышленно нефтеносным.

Диапировый характер этой структуры проявился в следующем: углы падения с 1 до 3° на поверхности, в апшероне, увеличились до 12—15° в верхнем отделе продуктивной толщи и дислоцированы еще круче в нижнем отделе. Здесь, как и в других складках криптодиапирового типа, наблюдается резкая дисгармония в строении верхних и нижних горизонтов. Как показали детальные исследования этого района геологом К. А. Машковичем, «свод по I горизонту, залегающему в основании Сураханской свиты, смещен к северо-западу относительно свода по апшеронскому ярусу, примерно, на 2 км. Свод по V горизонту, залегающему на 300 м ниже I горизонта, смещен к северо-западу относительно свода по I горизонту на 800 м. В том

же направлении на 900 м смещен свод кровли нижнего отдела относительно свода по V горизонту» [1] (фиг. 31).

Здесь же, как и в других структурах диапирового типа, наблюдается резкое уменьшение мощности свит на своде и увеличение их на крыльях и в синклинали.

Таким образом, мы видим, что и Кала имеет диапировое (криптодиапировое) строение. Нет необходимости приводить еще большее количество фак-



Фиг. 31. Структурная карта нефтяного месторождения Кала. В верхнем левом углу горизонтали структурной карты Н. К. П. Широкие полосы — известняки среднего апшерона

тического материала для характеристики структур Апшеронского п-ова, Кабристана и Прикуринской низменности, так как и приведенного материала уже достаточно, чтобы сделать обобщающий вывод о тектонике. В свете современных данных глубокого бурения в Азербайджане и детального изучения грязевых вулканов можно сказать, что **все структуры зоны грязевых вулканов Азербайджана диапирового** типа. А так как грязевые вулканы в Азербайджане развиты на Апшеронском п-ове, в Кабристане и Прикуринском районе, то, следова-

[1] Цитирую по докладу К. А. Машковича, зачитанному на XVII Международном геологическом конгрессе.

тельно, во всех этих районах мы имеем структуры диапирового типа. Эти же районы в сумме составляют юго-восточное погружение Кавказского хребта.

Получается, что как структуры юго-восточного погружения Кавказского хребта, так и структуры погружения северо-западного — обе диапирового типа. На основе этого можно сделать еще более общий вывод: зоны погружения Кавказского хребта представлены складками диапирового типа. Вот вывод, к которому мы приходим по рассмотрении фактического материала по грязевым вулканам и прилежащим нефтяным месторождениям.

После изложения, хотя и очень краткого, фактического материала и констатации отмеченной закономерности — диапиризма зон погружения Кавказа, мы попытаемся выяснить и генезис складок этого типа. Это и составит вторую часть нашей статьи.

ЧАСТЬ II

ОБЩИЙ ОБЗОР

Антиклинальные складки диапирового типа как особый вид антиклинальных складок были открыты, как известно, давно Мразеком. Антиклинальные складки этого типа в пределах Крымско-Кавказской геологической провинции, что также хорошо известно, открыты И. М. Губкиным в 1911—1912 гг. и на Тамани и в Азербайджане. За последующие годы эти складки открывались все в новых и новых районах, пока, наконец, не накопился настолько достаточный материал, чтобы уже обоснованно сделать общий вывод.

Итак, описанием антиклинальных складок диапирового типа занимались многие лица и в течение многих лет. Но генезисом этих структур, насколько нам известно, занимались недостаточно. Помимо самого Мразека генезис диапировых складок изучался очень немногими: приложенным в конце статьи списком исчерпывается почти вся основная литература по диапиризму. К тому же то, что написано о генезисе румынских диапиров, к генезису диапировых структур Крымско-Кавказской геологической провинции мало применимо, так как там основной материал протыкающего ядра составляет, главным образом, соль.

По вопросу о генезисе складок диапирового типа рассматриваемой провинции немного писал С. Р. Зубер. Основные же черты генезиса складок этого типа наметил акад. И. М. Губкин в своем докладе на XVI Международном геологическом конгрессе [3]. Эти основные положения И. М. Губкиным изложены в столь сжатой форме, что их лучше всего процитировать полностью, дабы избежать неточностей.

«Тангенциальные силы при формировании складок, очевидно, наметили те линии, по которым расположились антиклинальные поднятия, еще в то время, когда происходило накопление осадков... Возникшие антиклинали создали неровности морского дна, вследствие чего пошло неравномерное накопление осадков, — более мощное в антиклинальных прогибах, куда они сплывали со сводовых частей антиклиналей».

...«Степень нагрузки отдельных участков после отложения продуктивной свиты еще более дифференцировалась во время огромной акчагыльской морской трансгрессии, охватившей огромные территории юга и юго-востока Европейской части Союза. Эта неравномерная нагрузка начала влиять на создание местной тектоники» (подчеркнуто мною. — *С. Ф.*).

...«Очевидно, что к этому времени (к акчагылу. — *С. Ф.*) обособление на зоны высокого и более низкого давления ушло настолько далеко, что пластичные глинистые массы, находившиеся под огромным давлением, двину-

лись по линиям наименьшего сопротивления в зоны слабого давления, именно в куполы складок, возникших вследствие тангенциального стяжения, о чем говорилось выше. Получило начало и развитие выдавливание этих масс вверх через более молодые отложения, т. е. началось формирование диапировых структур и их появление на сводах первичных синклиналов» ([3], стр. 37, 45, 46).

Мы в принципе вполне согласны со схемой образования диапировых складок, разработанной акад. И. М. Губкиным. Основную роль в образовании диапировых складок он отводит условиям седиментации, неравномерной нагрузки, которая впоследствии сама создает тектонику.

И. М. Губкин считает, что особенно важную роль в процессе образования диапировых складок в пределах Азербайджана играли продуктивная толща и акчагыл. Но, например, на Керченском и Таманском п-овах ни акчагыла в таком развитии, ни продуктивной толщи не было и нет, а диапировые складки все же имеются. Следовательно, были какие-то более важные и более общие причины, обусловившие такой тип структур, как на этих полуостровах, так и в Азербайджане. На основе имеющегося в настоящее время в нашем распоряжении нового материала мы попытаемся дополнить и развить принципы диапиризма, разработанные И. М. Губкиным.

Несомненно, условия осадкообразования играли весьма существенную роль, но они не были, по нашему мнению, главной причиной. Основным фактором генезиса диапировых структур мы считаем тектонические процессы Крымско-Кавказской геологической провинции в целом; условия образования осадков способствовали этому явлению. К изложению и доказательству своих взглядов мы и переходим.

Известно, что Кавказский хребет — молодое горное образование. Известно также, что в мезозое на месте Главного Кавказского хребта существовало глубокое море, кавказская геосинклиналь. Мы не будем касаться ранней истории Кавказа, а рассмотрим вкратце его историю с начала третичного периода.

Ко времени отложения фораминиферовых слоев на Кубани и, соответственно, коунской свиты в Азербайджане мы видим Кавказ уже в виде длинного и узкого острова. Таким образом на границе мезозоя и кайнозоя произошло коренное изменение режима Кавказа: кавказская геосинклиналь превратилась в геоантиклиналь.

Что началу третичной эпохи на Кавказе предшествовали мощные складкообразовательные (и горообразовательные) процессы, это мы видим из условий залегания сумгаитской свиты в Азербайджане и ее аналога — свиты Горячего Ключа на Кубани.

Если близ Апшеронского п-ова сумгаитская свита пластуется на ильхидагских слоях без видимого несогласия, то западнее — уже иная картина. Так например, в районе ст. Яшмы в подошве сумгаита по данным Мирчинка имеется базальный конгломерат. Еще западнее, в районе Ак-дара, сумгаитская свита залегает уже резко несогласно и трансгрессивно, на нижележащих слоях до юнусдагских включительно.

В пределах северо-западного погружения Кавказа в это время шло отложение осадков свиты Горячего Ключа и палеоценового флиша. В разрезах Анапы прекрасно видно, как меловые отложения постепенно переходят в палеоценовые отложения, а затем и в свиту Горячего Ключа. А в 180 км восточнее, в нефтяно-ширванском районе, и далее к востоку эти нижнетретичные отложения выклиниваются и фораминиферовые слои залегают на меловых осадках.

При сравнении условий седиментации северо-западной и юго-восточной части оконечности Кавказа за указанное время оказывается, что эти условия по своему характеру совершенно тождественны: 1) на далеком погружении Кавказского хребта виден постепенный переход меловых отложений

в третичные; 2) ближе к хребту наблюдаются уже несогласия в залегании; 3) мощность свит уменьшается по мере приближения к хребту и (наоборот) увеличивается в зонах глубокого погружения.

Эпохе отложения фораминиферовых осадков предшествовала мощная фаза орогенеза, свидетелем чего являются отчасти указанные выше факты, а также и следующие. Нижнюю часть фораминиферовой свиты Кубани составляет так называемый горизонт со включениями. Включения — это породы мелового возраста. Кроме того в том же горизонте со включениями наблюдается базальный конгломерат. Мы уже отмечали ненормальное залегание фораминиферовых отложений на Кубани, где эта свита лежит то на осадках Горячего Ключа, то на палеоценовом флише, а то и на меловых отложениях.

Аналогичные условия залегания фораминиферовых слоев наблюдается и в Грозненском районе, а также и в Дагестане. И в Черных горах в 60 км к югу от г. Грозного, и в Дагестане имеются места, где фораминиферовые отложения перекрывают даже слои нижнего мела.

В коунской свите Азербайджана, в аналоге фораминиферовых слоев северного склона Кавказского хребта, в ряде мест тоже наблюдается несогласное залегание, например, в районе Маразов и сел. Набура близ Шемахи.

Условия залегания майкопской свиты также говорят о мощных орогенических процессах, предшествовавших ее отложению, а также и в майкопское время.

Видимого несогласия в залегании майкопа в пределах Апшеронского п-ова не наблюдается. Но по мере продвижения на запад, в Кабристане и в Шемахинском районе, дело обстоит иначе. Например, в районе сел. Астраханка — Набур слои майкопской свиты всюду залегают трансгрессивно на более древних слоях, до юнусдага включительно.

В Дагестане слои майкопа в ряде случаев перекрывают разные горизонты фораминиферовых отложений и даже меловых. То же наблюдается в Черных горах и на Кубани. Более того, резкие колебания на Кавказе отмечаются и в течение майкопского времени. Об этом свидетельствует несогласное залегание листоватых глин верхнего майкопа на разных горизонтах среднего и нижнего отделов майкопа и даже на фораминиферовых слоях. Такое явление наблюдается в Ильском и других районах на Кубани, в районе Буйнакска в Дагестане, а также в Грузии, близ Мцхет. В Беное и Ведено (Черные горы), например, листоватые глины майкопа местами налегают на меловые отложения.

Местные фазы тектогенеза отмечаются и в послемайкопское время, о чем свидетельствуют: залегание чокрака на среднем отделе майкопской свиты в Кара-джузлах (близ Набура), на ильхидаге (близ Ак-дара) — оба в Шемахинском районе Азербайджана. Чокрак залегает в нескольких пунктах на верхнемеловых отложениях в Дагестане; на это же указывает наличие грубозернистого песчаника и конгломерата и несогласие в залегании в нескольких пунктах на Кубани, например, в Калужском районе.

Фазы тектогенеза на Кавказе продолжаются в сарматское время. Так, верхний сармат залегает на ильхидаге у сел. Сунди; грубообломочные прослойки наблюдаются в низах верхнего сармата на горе Аху-даг. Нет морских отложений верхнего сармата в средней части Кубани (Ильский и Калужский районы). Как раз в сарматское время Кавказ превращается из острова в полуостров: в районе Сурама происходит поднятие суши, вследствие чего Большой Кавказ соединяется с Малым Кавказом.

Отложению меотиса предшествовала мощная орогеническая фаза. Меотические слои на Кубани перекрывают более древние, до фораминиферовых включительно. На той же Кубани видна резкая дисгармоничная складчатость: например, в Ильском районе антиклиналь в меотисе расположена

над синклиналью в фораминиферовых слоях. Эту предмеотическую фазу орогенеза сопоставляют с аттической фазой Западной Европы.

Не менее мощная орогеническая фаза предшествовала отложению понтических слоев, о чем свидетельствуют условия залегания этого яруса. В Маразах, например, слои нижнего отдела понтического яруса перекрывают все нижележащие слои до коуна включительно. Аналогично залегает понт в районе сел. Сунди и Набура, где он часто перекрывает слои до сумгаита включительно. В Ильском и других районах Кубани слои понтического яруса местами перекрывают все нижележащие слои, включая и нижний мел; они залегают то на меотисе, то на сармате, то на чокраке и т. д.

Мощная фаза орогенеза наступила и после отложения понта: в пределах Апшеронского п-ова и части Кабристана понт перекрывают слои продуктивной свиты, а выше — акчагыл; а в Маразинском районе, например, продуктивных отложений уже нет, и акчагыл лежит то на понте, то на диатомовых слоях и даже на слоях майкопской свиты (хребет Явандаг). В Дагестане акчагыл залегает резко трансгрессивно и в отдельных местах перекрывает даже слои мелового возраста. В Грозненском районе угловое несогласие в залегании акчагыла достигает 15° (Серноводск и др.).

Аналогами акчагыла на Кубани можно считать рудные слои (киммерийский ярус), залегающие всюду резко несогласно, перекрывая слои до нижнего мела включительно (Абинский район).

Мощная, хотя и неодинаковая для всего Кавказа (как и все остальные) орогеническая фаза наступила после отложения слоев апшеронского яруса, о чем свидетельствуют хотя бы надвиги Брагунского хребта близ Грозного, где слои апшеронского яруса на северном крыле антиклинали перекрыты надвинутым южным крылом складки.

Фазы тектогенеза на Кавказе не прекращаются и в четвертичное время, об этом свидетельствуют, например, сильно дислоцированные слои бакинского яруса, залегающие на Мишов-даге под углом до 40°, а на хребте Малого Харами — даже до 80°, имея в подошве базальный конгломерат.

Террасы древнего Каспия в пределах Апшеронского п-ова, дислоцированные до 4—5° и приподнятые на высоту до 150 м, говорят о том, что процессы тектогенеза — типа эпейрогенеза — продолжались и в более позднее время. А история с затоплением и новым подъемом из воды бакинской бухты Караван-сарая подводит эти фазы тектогенеза еще ближе к нам, уже к нашему времени.

Процессы тектогенеза на Кавказе продолжаются и в наше время: 80 лет назад часть путинской долины и прикуринской низменности была занята морем.

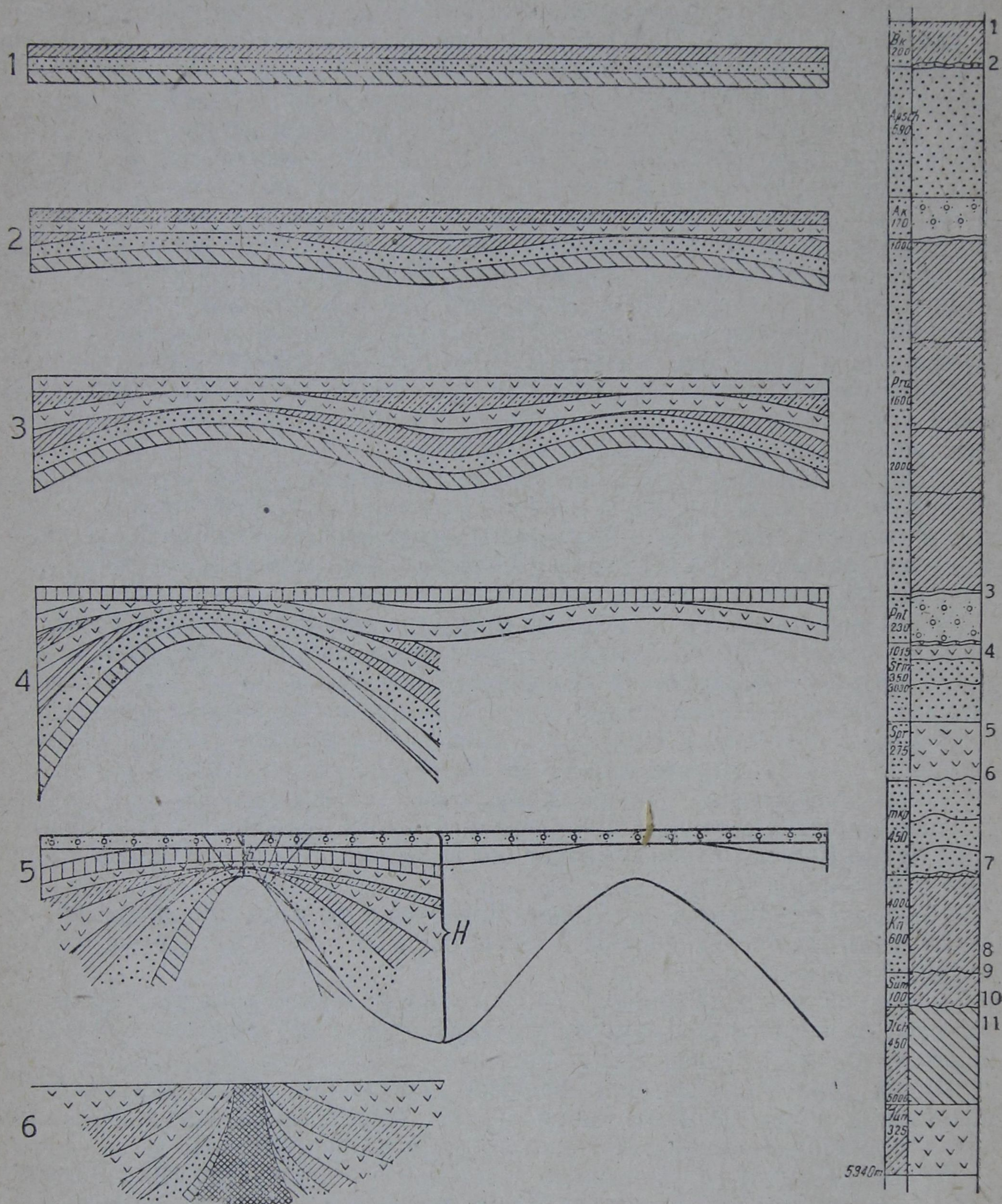
Вывод из всего сказанного таков: многократные фазы тектоники на Кавказе отмечаются на всем протяжении третичного времени и продолжаются вплоть до наших дней.

Одних этих тектонических условий достаточно, чтобы при наличии пластичных пород (майкоп, коун и др.) образовались антиклинальные складки диапирового типа. Поясним это на примере (фиг. 32).

Пусть мы имеем горизонтально отложенные осадки (фиг. 32, *1*). После фазы складчатости эти осадки будут дислоцированы, допустим, очень слабо: углы падения 3—4°. Но последующие осадки, даже если ранее отложенные и не были выведены на поверхность, будут перекрывать более древние с угловым несогласием (фиг. 32, *2*). Последующие фазы орогенеза дадут еще большее несогласие между древними и молодыми слоями (фиг. 32, *3*) и так далее. В итоге после 5—6 фаз тектогенеза, в результате одних только этих фаз, будут образованы складки по существу диапирового типа: породы более древние окажутся сильнее дислоцированными, чем породы более молодые; между ними будут угловые несогласия и будет естественно наблюдаться и уменьшение мощности свит на своде. При последующих, даже

только тангенциальных усилиях, породы ядра будут выжиматься вверх, создавая типичные диапировые структуры.

При этом сложном, многократно повторяющемся процессе складкообразования условия седиментации пород, несомненно, способствовали диапиризму. Если своды антиклинальных складок после той или иной



Фиг. 32. Схема диапиризма

1 — валашская фаза; *2* — базальный конгломерат везде; *3* — Восточно-Кавказская фаза; *4* — аттическая фаза; *5* —несогласное залегание в Дагестанё—Азербайджане (базальный конгломерат в разрезе сел. Дудар); *6*—Штирийская фаза; *7* — Маразы; *8* — горизонт со включениями на Кубани; *9* — Ларамийская фаза; *10* — базальный конгломерат в районе ст. Яшта; *11* — В. Ак-дара, вер. сумгаит на юнусдаге

фазы тектогенеза были выведены на поверхность, то отдельные свиты свода могли быть размыты нацело. Подобные условия мы видим, например, в Маразинском районе, где акчагыльское море, а еще ранее море понтическое размывали майкоп.

Но если образованные складки даже и не выступали над уровнем вод, все равно должны были происходить частичный размыв и сползание свит со свода антиклиналей и намыв осадков в синклинали. Уменьшение мощности слоев в отдельных случаях, возможно, было и незначительно, но суммарный эффект оказался значительным: в результате длительного процесса формирования таких структур на сводах антиклинальных складок мощности свит уменьшались, а на крыльях, тем более в синклиналях, увеличивались. Что это так, можно проиллюстрировать рядом цифр по хорошо изученным площадям Азербайджана. Приведем два примера.

Кала. Мощность балаханской свиты вместе с перерывом на своде равна 440 м, на северо-западном погружении 485 м, а на юго-восточном 515 м. Сабунчинская свита имеет 250 м на своде, 295 м на северо-западном погружении складки и 310 м на юго-востоке; сураханская свита соответственно: 400, 430 и 710 м. Таким образом, сураханская свита в отношении погружения увеличивается в мощности более чем на 300 м. Но мощность свит увеличивается не только в пределах одной антиклинальной складки: она закономерно увеличивается вообще на погружениях.

Известно, что сураханская структура залегает на большей глубине по сравнению с балаханской, карачухурская по сравнению с сураханской, а калинская по сравнению с карачухурской (фиг. 29). И это отразилось на мощностях свит, например продуктивной свиты (табл. 1).

Таблица 1

Мощность свиты (м)

Название свиты	Районы			
	Ленинский	Сураханский	Карачухурский	Кала
Сураханская	160	340	600	710
Сабунчинская	270	290	320	320
Балаханская	380	480	280—450	515
Мощность всего верхнего отдела	810	1110	ок. 1200	1545

Из табл. 1 видно, что мощности свит на крыльях и в синклиналях резко увеличены по сравнению с мощностями на своде антиклинали. В синклиналях, следовательно, была бо́льшая нагрузка, чем на сводах, — для соответствующих свит, конечно.

Если принять мощность разреза третичных отложений и самых верхов мела Апшеронского п-ова, как это видно из фиг. 32, в 5340 м, а для плотности пород принять цифру 2.7, то давление окажется равным почти 150 ат. В условиях, скажем, аташкинской антиклинали для слоев коуна, взятых в ядре складки и в синклинали, разность давления будет равна 120 ат.

При наличии отмеченных выше фаз тектогенеза, обусловивших в сумме резкое угловое несогласие между молодыми и древними породами, при наличии пластичных пород и разницы в давлениях на своде и в синклинали, естественно, что породы ядра, скажем, коунские и майкопские, будут выдавливаться вверх. В результате всех этих усилий мы и получили структуры резко диапирового типа, изображенные на фиг. 32, *5* и *6*.

При анализе условий, способствующих диапиризму, необходимо иметь в виду и то, что зоны диапировых структур — это зоны погружений Кавказского хребта.

При каких условиях формируются диапировые складки в зонах погружения хребта, видно из фиг. 33 и 34 (профили, составленные для юго-восточного и северо-западного окончания Кавказского хребта). Там, где слои майкопа и коуна, а также породы юнусдага не имели мощных покры-

шек, там не развиты и диапировые складки, по крайней мере в их классическом развитии, например, в Маразино-Шемахинском районе. Наоборот, где указанные слои были покрыты очень мощными осадками, диапировые ядра до сих пор еще не пробились наверх (Кала и др.). Таким образом мы еще раз убеждаемся в том, что диапировые антиклинали формировались под давлением нагрузки.

Итак, основные факторы, обусловившие развитие складок диапирового типа, таковы:

1) ритмичные и многочисленные фазы тектогенеза, обусловившие сами антиклинальные складки и угловое несогласие в них;

2) наличие мощных пластичных пород, залегающих между более твердыми породами;

3) зона (зоны) погружения хребтов;

4) резкая разность в нагрузках на своде анктиклинали и в синклиналях, объясняющаяся наличием первого фактора. Этот фактор ускоряет процесс диапиризма, способствует продвижению массы пластичных пород вверх, т. е. образованию диапирового ядра.

Естественно, может возникнуть вопрос о глубине диапирового ядра, — о его, так сказать, корнях. Ограничивается ли это явление, скажем, для Азербайджана, майкопской свитой, или коунской, или юнусдагскими пластичными глинами и мергелями, или процесс зашел и глубже — в низы мела, в юру? На этот вопрос ответить можно лишь при хорошем знании всех четырех указанных выше факторов и прежде всего — тектогенеза. Анализируя все основные факторы диапиризма, можно предположительно ответить, что корни диапиризма в нашей провинции не уходят глубже верхов нижнего мела.

И, наконец, последний вопрос, которого нам хотелось бы хотя вкратце коснуться, — это связь дизъюнктивных дислокаций с диапиризмом.

Из приведенного в первой части нашей статьи фактического материала было видно, что все антиклинальные складки диапирового типа осложнены сбросами и взбросами, словом целой сеткой дизъюнктивных дислокаций. Эти дизъюнктивные дислокации чаще всего небольшой амплитуды, но местами достигают и значительных масштабов: до 300—400 м (Ленинский район). С другой стороны, такие дизъюнктивные дислокации часто не совпадают между собой: молодые слои осложнены одной сеткой сбросов и взбросов, а более древние — иной. Наконец, эти дизъюнктивные дислокации не затухают с глубиной, так как они часто не совпадают в слоях различного возраста; тем не менее более молодые слои обычно осложнены сильнее слоев более древних. Все эти факты с нашей точки зрения обусловливаются диапиризмом.

Первой причиной, положившей начало складчатости, являются тангенциальные усилия. Эти силы для рассматриваемых областей Кавказа начали резко действовать в начале третичного периода, продолжались весь третичный период и даже в четвертичном. Итак, одни силы — силы тангенциальные, направленные касательно к окружности земли, фактически по земной поверхности.

С другой стороны, действовали и вертикальные усилия, в том числе усилия нагрузки в синклиналях. Эти усилия в синклиналях были направлены сверху вниз, перпендикулярно к земной поверхности. Но по законам механики всякое действие, в данном случае действие нагрузки, вызывает противодействие, равное по величине и обратное по направлению. Следовательно, диапировое ядро двигается вверх и протыкает свод антиклинали, который, кстати сказать, процессами предыдущего складкообразования основательно уже разрушен.

При сложении двух основных усилий — тангенциального и вертикального — возникает диагональное усилие, способствующее срыву пластов,

в одних случаях с образованием взбросов, в других — сбросов значительной амплитуды. Эти скалывающие усилия особенно сильно будут проявляться в несимметричных антиклинальных складках.

Все эти усилия, а именно тангенциальные напряжения, усилия нагрузки в синклиналях, скалывающие (диагональные) усилия и усилия самого протыкающего ядра — и создают сложную систему дизъюнктивных дислокаций в антиклинальных складках диапирового типа. Таким образом, диапировые складки сами по себе уже обусловливают дизъюнктивные осложнения.

Диапиризм своим существованием порождает дизъюнктивные осложнения. Последние являются следствием диапиризма. Как следствие диапиризма возникают и грязевые вулканы.

Вот почему неправы некоторые геологи, которые, видя, что зоны грязевых вулканов осложнены сбросами и взбросами, считают эти дизъюнктивные осложнения причиной грязевого вулканизма. Из всего приведенного выше фактического материала явствует, что эти геологи не видят ни причин дизъюнктивных дислокаций, ни причин, обусловивших грязевые вулканы.

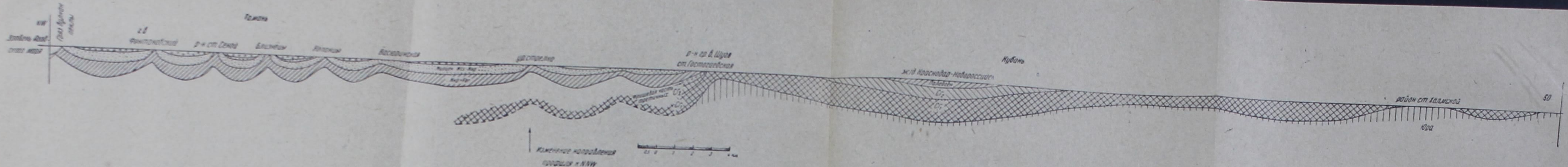
В опубликованной ранее [4] нашей работе мы кратко описали процесс образования грязевых вулканов. В последующих статьях, которые мы подготовляем к печати, в частности, в статье о деятельности грязевых вулканов, мы еще раз и более подробно рассмотрим генезис грязевых вулканов. Здесь же в заключение отметим следующее и самое главное по вопросу о связи грязевых вулканов с диапиризмом.

Среди собранного нами очень обширного материала по грязевым вулканам нет ни одного случая, когда грязевые вулканы не были бы приурочены к структурам диапирового типа. В первой части нашей статьи мы подвергли анализу главным образом те районы, которые составляли как бы исключение из этого правила. И, как нам кажется, мы достаточно убедительно показали и доказали, что эти исключения только кажущиеся: в действительности и Малая Кяниза и Давали-даг и Отман-бозы-даг приурочены к антиклинальным складкам диапирового типа. Различие здесь лишь в том, что диапиризм на поверхности проявился в довольно слабой степени. Но после рассмотрения таких, как казалось бы отнюдь «не диапировых» структур, как сураханская и калинская, при детальном изучении (глубоким бурением) оказавшихся в действительности диапировыми, имевшиеся прежде сомнения в диапиризме, скажем, Отман-бозы-даг, должны отпасть. Все грязевые вулканы связаны со структурами диапирового типа. Для областей погружения Крымско-Кавказской геологической провинции диапировая тектоника — это закон.

Наши дальнейшие исследования в этом направлении ставят себе задачей изучение грязевых вулканов островов Каспийского моря и грязевых вулканов Закаспия, где (в Закаспии), судя по литературным сведениям, грязевые вулканы обусловлены другими причинами. Насколько верно последнее предположение, покажет будущее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. Несколько слов о генезисе грязевых вулканов Апшеронского и Керченско-Таманского районов. Бюлл. Моск. общ. исп. природы, вып. 3—4, 1925.
2. Белоусов В. В. Изучение мощности отложения, как метод геотектонического анализа, и приложение этого метода к исследованию верхнеюрских и нижнемеловых отложений Кавказа. Проблемы сов. геологии, № 2, 1937.
3. Губкин И. М. Тектоника юго-восточной части Кавказа в связи с нефтеносностью этой области. Москва, 1934.
4. Губкин И. М. и Федоров С. Ф. Грязевые вулканы Советского Союза и их связь с нефтяными месторождениями Крымско-Кавказской геологической провинции. Москва, 1938.



Фиг. 33. Схематический разрез северозападного погружения Кавказского хребта

Фиг. 34. Продольный разрез юговосточного погружения Кавказского хребта

5. Zuber S. L'Activité des volcans de boue en relation avec la structure des plis gaziféres. Revue pétroliféге, № 176, 180, 1926.
6. Zuber S. Ponto-Caspian and Mediterranean types of oil deposits. Bull. Am. Ass. Geol. *6*, 1934.
7. Kraus M. Salzauftrieb und logarithmische Spirale. Ztschr. prakt. Geol., *5*, 1922.
8. Kaisin, F. Extrusion, diapirisme et fuite laterale. Congr. Intern. des Mines, de la Métallurgie et de la Géol. appl., VII session, Paris, 1935.
9. Машкович К. А. Нефтяные месторождения Азербайджанской ССР: а) тезисы к XVII Международ. геол. конгрессу, Москва, 1937; б) фонд Конгресса.
10. Mrazek L. Ueber die Bildung der rumänischen Petroleum-Lagerstätten. Congr. Intern. du pétrole, III session, Bucarest, 1907. Compte rendu, t. II, Mémoires, pp. 80—134.
11. Mrasek L. L'industrie du pétrole en Roumanie. Les gisements de pétrole, 1910.
12. Strzetelski. Étude analytique d'un pli diapir et de l'influence de la tectonique sur l'accumulation du pétrole. Cong. Intern. de Forages, I session, Bucarest, 1925.
13. Федоров С. Ф. Грязевые вулканы Крымско-Кавказской нефтеносной области (методика исследования грязевых вулканов). Информ. сборник НГРИ, Москва, 1934.
14. Хельквист. Материалы по геологии Алятского района. Азерб. нефт. хоз., № 5, 1933.
15. Шатский Н. С. О неокатастрофизме. Проблемы сов. геологии, № 7, 1937.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Е. В. КУДРЯШЕВ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА ШУГО (КУБАНЬ)

ВВЕДЕНИЕ

В план работ летней экспедиции 1936 г. по исследованию грязевых вулканов, возглавлявшейся проф. С. Ф. Федоровым, входило (помимо Азербайджана) изучение районов развития грязевого вулканизма в Крыму, Тамани и на Кубани.

К наиболее мощным грязевым вулканам на Кубани принадлежат вулканы Шуго и Гладковский. Эти вулканы вызывали у нас особый интерес, так как они были связаны с более древними, мезозойскими отложениями. Вся остальная масса вулканов приурочена к третичным породам.

Гладковская группа грязевых сопок достаточно детально исследовалась К. А. Прокоповым в 1926 г., а затем А. Л. Козловым (в 1931 г.), применявшим шурфование и мелкое бурение.

Грязевой вулкан Шуго подробно не изучался. Для этого потребовалось бы большое количество шурфовочных работ (весь массив его был задернован, покрыт сопочной брекчией и лесом). Большое количество объектов исследования и отдаленность вулкана от района работ не позволили нам детально изучить его структуру.

На вулкане Шуго были взяты только пробы воды, газа и образцы брекчий (с сопок и из шурфов) для анализов на микрофлору и битуминозность. Изучению тектоники вулкана Шуго было посвящено всего лишь несколько дней. Автору в течение столь короткого промежутка времени удалось установить лишь основные данные, которые и сообщаются в настоящей статье.

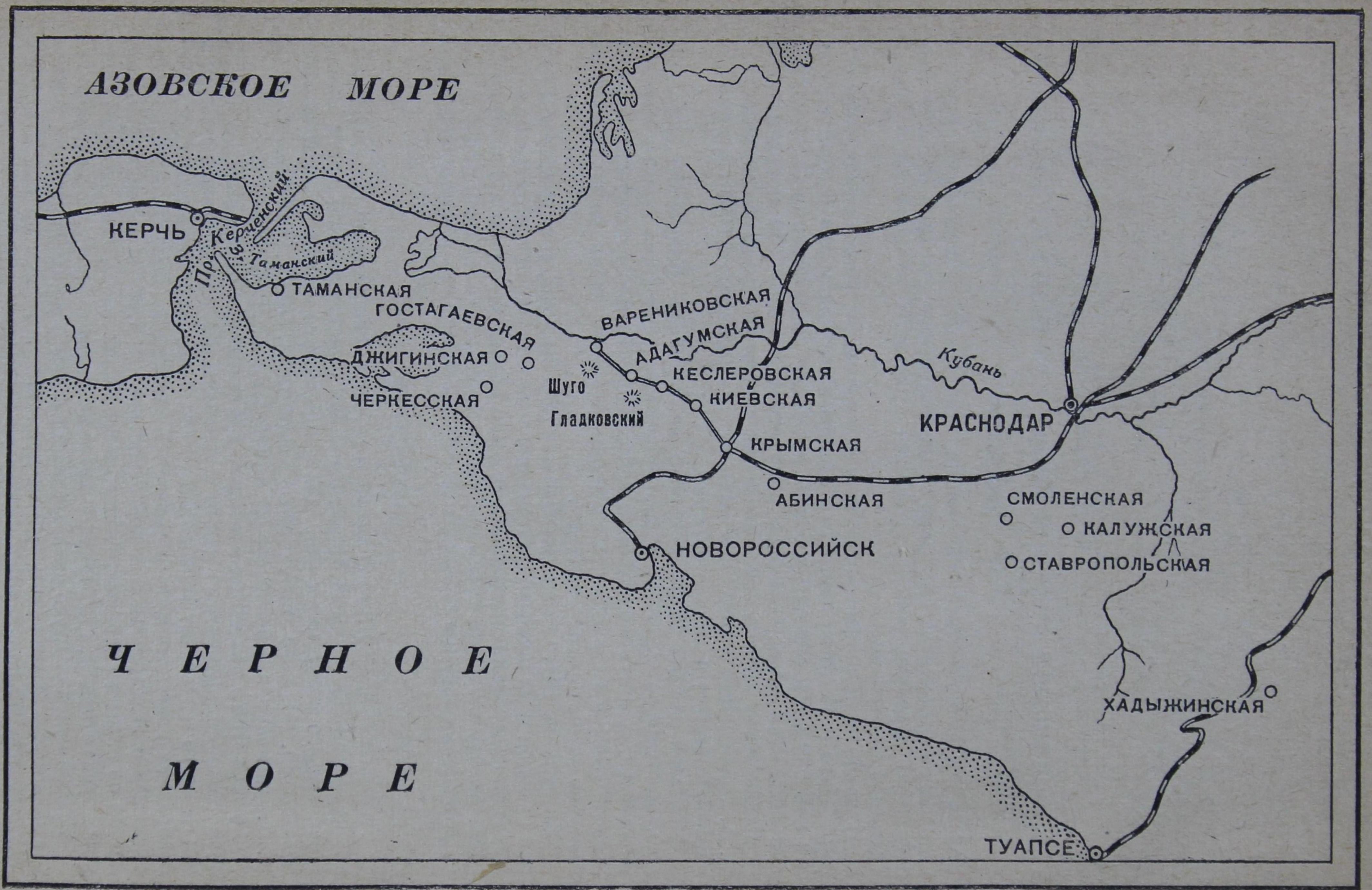
Морфология

Грязевой вулкан Шуго (Гнилая гора, или Иежеуаса по старому черкесскому названию) — самый большой вулкан северо-западной части Кавказа в области его погружения (фиг. 1). Вулкан Шуго изучался многими исследователями. В свое время здесь были акад. Абих, Штебер, Освальд, К. А. Прокопов, а в последнее время (1931 г.) А. Л. Козлов и др.

Вулкан Шуго находится примерно в 4 км к югу от станицы Варениковской (Азово-Черноморский край) и расположен на водоразделе двух речек — Шуго и Чекупс. Внешне это — большая, до 2 км в диаметре, конусообразная возвышенность с усеченной вершиной. Вулкан особенно величественен с юго-восточной и восточной сторон. Отсюда он рельефно выделяется со своими склонами, сплошь покрытыми лесом, чего нельзя сказать про другие стороны, где вершина вулкана почти сливается с водоразделом.

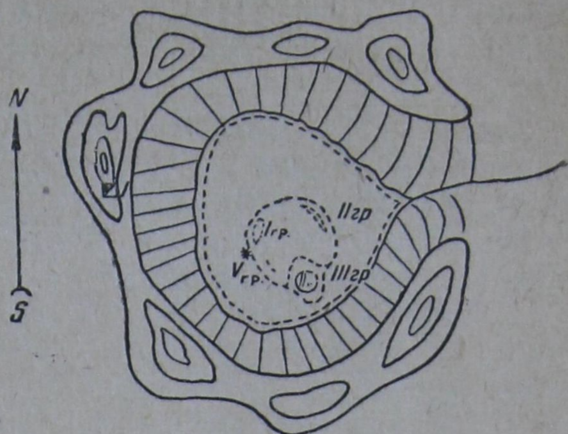
Кратер вулкана Шуго единственный в своем роде. При подъеме к кратеру все время приходится итти густым дубняком и только на самой вершине вулкана внезапно появляется кратер во всей своей красоте.

Кратер имеет вид громадной чаши (диаметром около 300 м), наполненной светлосерой брекчией.



Фиг. 1. Обзорная карта Кубано-Черноморской нефтеносной области

Края этой чаши представляют собою покрытый лесом правильный кольцевой вал, прорванный с восточной стороны массой сопочной брекчии. В середине чаши сопочная брекчия несколько вздута. В центре этого вздутия на поле (диаметром до 100 м), покрытом свежей сопочной брекчией, расположены отдельными группами самой разнообразной формы сопочки и конуса, выделяющие брекчию и газ. Вал круто падает в сторону кратера, вследствие чего между ним и центральным вздутием сопочной брекчии образовалось как бы кольцевое углубление, где скопляются атмосферные осадки и продукты извержения вулкана. Артерией сноса накопляющегося материала является большая балка (фиг. 2), берущая свое начало в месте разрыва кольцевого вала.



Фиг. 2. Схема вершины вулкана Шуго

ХАРАКТЕР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЛКАНА

Группа I

Первая группа сопок расположена в западной части центральной возвышенности (фиг. 3). Эта группа представляет собою небольшое вздутие поля

Древнее сопочное поле

Молодые излияния

Деформированное, выпирающее соп. поле

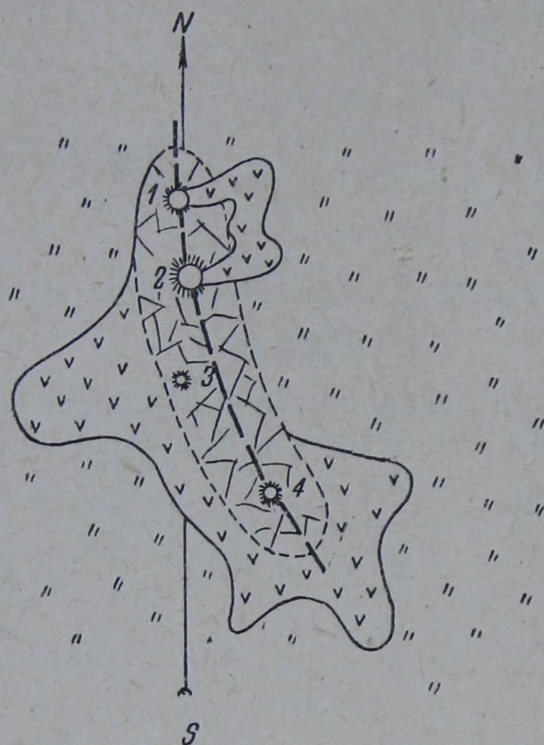
Фиг. 3. Грязевой вулкан Шуго (общая схема)

сопочной брекчии (4×18 м), сплошь разбитое трещинами (фиг. 4) шириною в несколько сантиметров с общим направлением с юго-востока на северо-запад и затем на север. По линии трещин разбросано от 4 до 6 центров, выделяющих сопочную брекчию и сухой газ.

Сопочная брекчия здесь чрезвычайно вязкая, очень густой консистенции.

Первые два центра деятельности — *1* и *2* — имеют вид небольших воронок диаметром в 20—40 см. Сопочная грязь из них выбрасывается при отдельных выхлопах газа.

Деятельность вулкана протекает следующим образом. Через промежутки времени, примерно от 2—3 сек. (и до десятков минут), под давлением



Фиг. 4. Грязевой вулкан Шуго.
Схема группы I грязевых сопок

газа полужидкая масса грязи начинает вздуваться. Образовавшийся грязевой пузырь от напряжения лопается, и газ с шумом и свистом вырывается на поверхность, увлекая отдельные частицы жидкой грязи. Весь процесс длится всего несколько секунд.

Центр *1* действует через довольно значительные промежутки времени — до десятков минут. Центр *2* более активен.

Центры *3* и *4* имеют вид миниатюрных усеченных конусов. Эти центры характерны выделением сухого газа.

Газ из них вырывается наружу с большим шумом, отдельными выхлопами. Выхлопы повторяются каждые 2—3 минуты.

Помимо деятельности отдельных центров, заметно общее движение, выпирание этой части кратера, внешне характеризующееся продольными трещинами.

Группы Ia, II и IV

Группы Ia, II и IV по своим внешним признакам являются однотипными. В основном их деятельность подобна группе I. В общем это вытянутые, постепенно замыкающиеся в окружности (фиг. 3) валики из высохшей сопочной брекчии, высотою в 10—40 см и шириною от 1 до 2 м.

Валики сплошь покрыты трещинами. Сами валики характеризуют радиальные линии трещин. Непосредственно на них разбросаны в различных участках маленькие усеченные конуса — грифоны — высотою от 5—10 до 30 см. Выходов сухого газа мало. Группы Ia, II и IV непосредственно замыкают все пункты деятельности вулкана.

Группа III

Наиболее активной, мощной и интересной является группа III. Это громадное (фиг. 3) поле выпирания брекчии и выделения газа, с отдельными наиболее активными центрами. Вся его центральная часть состоит из полужидкой пузырчатой сопочной грязи синевато-серого цвета.

Излившаяся сопочная грязь, постепенно засыхая, образует на периферии колеблющуюся под ногами корку. Сквозь такую корку довольно легко провалиться. Засохшая поверхность непостоянна — она довольно часто прорывается выделяющимися газами.

Вся остальная часть поля представляет собою засохшую, комковатую брекчию с большим количеством трещин. В этой группе наиболее эффективен центр *1* (фиг. 3), имеющий вид воронки (лужеобразный кратер) диаметром до 1.5 м, наполненной жидкой сопочной грязью. Газ отсюда выделяется периодически, образуя большие пузыри; при этом выбрасывается и сопочная грязь.

Такие лужеобразные воронки весьма типичны для грязевых вулканов. Обычно форма их зависит от консистенции брекчии. Они всегда наполнены жидкой грязью, которая или прямо переливается через края, или образует небольшой желобок. В остальных центрах сопочная грязь довольно густой консистенции. Газ выделяется периодически, через десятки минут. Процесс выделения аналогичен таковому же в группе I, но более эффективен.

Непосредственно к югу от поля группы III имеются еще две небольшие воронки, слабо газирующие с переливающейся сопочной брекчией (грязью). Далее на юг (фиг. 3) расположены еще две высокие конусообразные вершинки, сложенные высохшей брекчией. Никаких признаков деятельности на них не наблюдается.

Группа V

Эта группа сопок находится в юго-западной части центральной возвышенности у кольцевой впадины. Для этой группы характерно интенсивное выделение газа и жидкой сопочной грязи, вернее иловатой воды (из конусообразных сопок). Это — своеобразные конусообразные накопления сопочной брекчии с усеченной вершиной, в которой находится кратер, наполненный жидкой сопочной грязью.

Сопки здесь невысокие. Самая высокая — вторая (фиг. 5), около 1 м, наибольшее же количество газа выделяет третья. В отличие от других групп газ выбрасывается мелкими обильными пузырями, а жидкая грязь стекает по грязевому конусу, вследствие чего и происходит рост самих конусов.

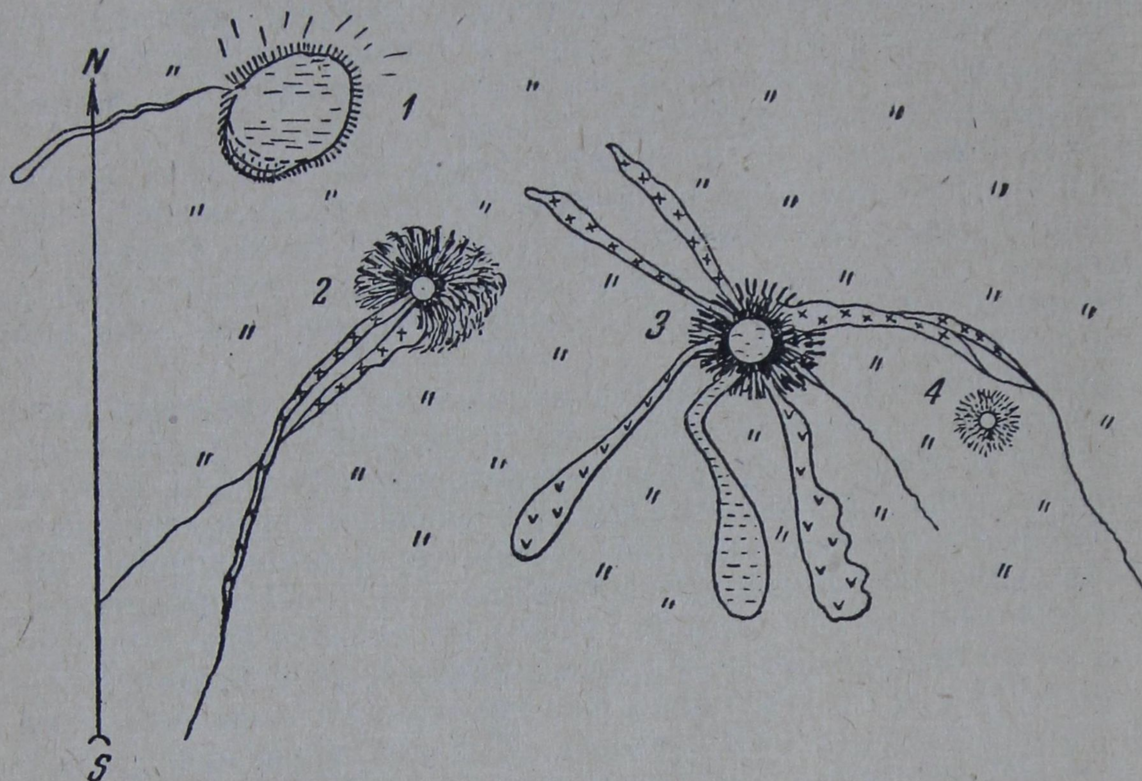
Каналы, по которым поступают газ и грязь, довольно узкие. В сопке *4* труба диаметром 3—3.5 см застревала уже на глубине 3 м, в других сопках канал еще уже. Ширина внешней воронки не всегда пропорциональна ширине канала эруптивного аппарата. Этот факт наблюдался часто.

Центр *1* группы V не похож на все описанные группы. Это большая впадина (3×4.5 м), с крутыми бортами, наполненная иловатой водой. Глубина ее около 2 м. Ниже опустить трубу не удалось. Газация слабая с небольшим переливом воды. Во всех центрах пятой группы на брекчии наблюдается скопление черных налетов сернистого железа.

ПРОДУКТЫ ВЫБРОСОВ

Поверхность вулкана Шуго покрыта многочисленными обломками горных пород. Это обычно небольшие куски в несколько сантиметров. Редко величина обломков превышает 0.5 м

Наиболее древней горной породой, встречающейся в выбросах вулкана, является нижний мел, [1] прекрасно охарактеризованный наличием тутенштейнов. Среди выбросов привлекает внимание большое количество сидеритов, которые, очевидно, следует также относить к нижнему мелу, ибо в ряде образцов сидериты не разделены от тутенштейнов. Нижнемеловые тутенштейны были обнаружены и в древней сопочной брекчии, в шурфе 1, заложенном на вершине кольцевого вала вулкана (фиг. 2).



Фиг. 5. Грязевой вулкан Шуго. Схема группы V грязевых сопок

Интересно отметить присутствие в выбросах вулкана обломков изверженных пород, главным образом кварцевых порфиров, и коралловых известняков юрского происхождения. Эти породы также следует отнести к нижнему мелу, так как А. Л. Козловым по реке Псебепсу был обнаружен конгломерат из галек изверженных пород среди верхнесидеритовой толщи нижнего мела.

Кроме указанных пород в выбросах много кривослоистых известковистых песчаников темносерого цвета с флишевыми скульптурами.

В Кубанском разрезе эти песчаники характеризуют низы сеномана и верхи альба, согласно найденной А. Л. Козловым фауне *Neohibolites stiliodes* R. В выбросах много кварцево-глауконитовых и глауконитовых песчаников типа свиты Горячего Ключа. Аналогичных по внешнему виду песчаников много в сеномане, так что их условно можно отнести к этому горизонту мела, ибо свита Горячего Ключа здесь в разрезе не наблюдается.

---

[1] Освальд в своей работе, посвященной исследованию Шуго, указывает на то, что все меловые выбросы принадлежат к понтическим и меотическим отложениям, в конгломерате которых он якобы их наблюдал. Это предположение лишено какого-либо основания, так как понтических и меотических отложений в выбросах чрезвычайно мало и сам окатанный меловой материал отсутствует. Есть только неправильные обломки.

Особенно резко бросается в глаза в выбросах вулкана большое количество белых (слегка розоватых) фукоидных мергелей верхнего мела. Третичных отложений среди выбросов горных пород очень мало. Указанные выше кварцево-глауконитовые и глауконитовые песчаники мы условно отнесли к сеноману. При анализе сопочного шламма М. А. Глесснером обнаружено много микрофауны, по его мнению, соответствующей свите Горячего Ключа. Возможно, что некоторую часть глауконитовых песчаников нужно будет отнести к этому горизонту. Твердых пород из фораминиферовой свиты нет, но имеются зеленые глины с фораминиферами, типичные для этой свиты. Анализ сопочного шламма указывает на большое количество микрофауны фораминиферовых отложений. Майкоп как в выбросах, так и при анализе не обнаружен. Из более молодых отложений нами впервые обнаружен сармат. [1] Это — большой обломок (70—80 см) известняка с многочисленной фауной *Mactra* sp. Найден он был у самого кратера в балке.

Кроме того, было встречено несколько обломков пород киммерийского яруса, наличие которых указывается и А. Л. Козловым.

Один из обломков имеет отпечаток фауны, чрезвычайно похожий на *Paradacna abichi*. Если верить этому отпечатку, то в выбросах принимают участие и понтические отложения.

Итак, суммируя все данные, мы видим, что в выбросах грязевого вулкана Шуго резко преобладают меловые породы при наличии нижнего отдела третичных отложений (возможно и присутствие свиты Горячего Ключа). Верхнетретичных горизонтов, в частности понтических и киммерийских отложений, чрезвычайно мало.

Соотношение меловых и третичных пород в древней сопочной брекчии, вскрытой шурфом *1*, примерно такое же.

Шурфы *2* и *3*, заложенные на самом кратере вулкана, вскрыли буроватую, а затем синеватую плотную массу без больших обломков горных пород. Шурф *3*, заложенный в самом центре свежего сопочного поля (фиг. 3), имеет всего глубину 60 см, ниже расположена полужидкая сопочная грязь. Эта толщина корки в 55—70 см типична для всех вулканов, имеющих большое, как бы засохшее, нежизненное поле брекчии. Необходимо также указать на наличие отдельных покровов сопочных брекчий, правда, плохо заметных и не особенно характерных, но все же говорящих о больших извержениях, описанных Штебером. Никаких признаков нефти и битуминозных пород на вулкане не обнаружено.

ТЕКТОНИКА

Грязевый вулкан Шуго расположен в зоне северо-западного погружения Кавказского хребта.

Это окончание Кавказского хребта характеризуется общим погружением всей складчатой системы Кавказа, сопровождаемое интенсивными дислокациями.

Основным моментом складчатости являются крупные длинные антиклинали с простиранием, в общем параллельным основному направлению Кавказского хребта (северо-запад — юго-восток). В строении складок (в связи с общим погружением Кавказа), постепенно сменяясь, участвуют юрские, потом нижнемеловые и верхнемеловые породы, а затем и третичные отложения.

Третичные отложения, которые как бы оконтуривают меловые структуры, образуют обширную систему самостоятельных складок (в общем, параллельных меловым).

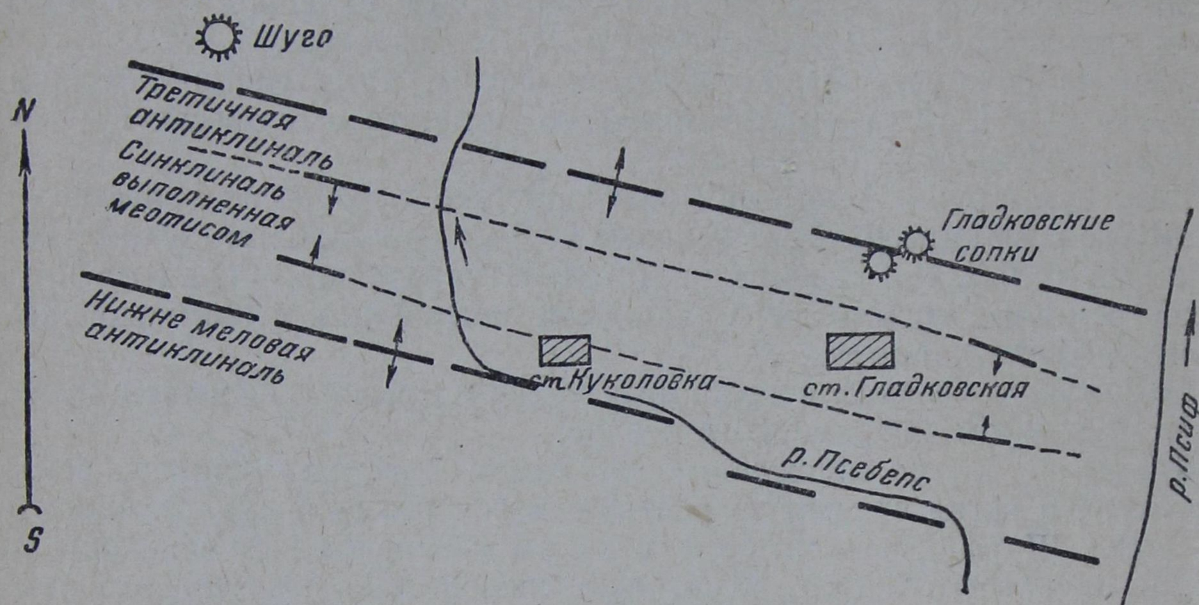
---

[1] Анализ шламма, произведенный М. А. Глесснером, также указывает на присутствие сарматской формации.

Эти складки, постепенно затухая к северо-западу, на Таманском п-ове сталкиваются с погружением складок уже другой системы — крымской дислокации.

В связи с общим погружением Кавказского хребта происходит постепенное осложнение тектоники слагающих пород в северо-западном направлении. Например, в районе станицы Хадыжинской (фиг. 1) тектоника третичных отложений характеризуется пологой моноклиналью, которая к северо-западу постепенно осложняется выклиниванием тех или других горизонтов, их несогласным и трансгрессивным залеганием.

Затем на фоне моноклинали образуется вторичная складчатость (Ставропольский район). В Ильском районе уже появляется диапировая складчатость, местами осложненная небольшими сбросами. Настоящая область складчатости начинается с Крымского района. Здесь она все более усложняется по направлению к северо-западу, и антиклинальные складки, пре-



Фиг. 6. Схема антиклинальных линий

имущественно типа диапировых, получают широкое распространение. В общем это — сравнительно небольшие складки, сильно пережатые, с продольными изгибами, но, как правило, без вторичной междупластовой складчатости. В некоторых из них наблюдаются тектонические нарушения (Черноморка, Гладковская).

Меловые породы сложены в крупные, длинные складки, чрезвычайно богатые внутриформационной плойчатой структурой. Для меловых складок характерно также опрокидывание как на север, так и на юг.

Как в третичных, так и в меловых структурах кроме интенсивной складчатости сильно развиты и отдельные несогласия в виде резкого трансгрессивного залегания пород и резкого уменьшения мощностей осадков, особенно в меловых отложениях.

Меловые структуры расположены непосредственно к югу от вулкана. Наиболее северная из них (более близкая к Шуго) представляет собою сложную антиклиналь. На востоке она начинается несколько западнее р. Псиф (фиг. 6) и называется в этой части псебепской.

Псебепская структура представляет собою антиклинальную складку, несколько опрокинутую к югу. В ядре ее обнажается верхнесидеритовая свита (нижний мел), ранее относимая К. А. Прокоповым к фораминиферовым отложениям.

Меловые отложения в своде антиклинали залегают сравнительно полого, но тем не менее здесь имеются небольшие разрывы, благодаря которым сильно уменьшается мощность сеномана. Южное крыло антиклинали, сложенное верхнемеловой свитой, как уже указывалось, несколько опрокинуто к югу.

Кроме того вдоль южного крыла имеются разрывы, благодаря чему верхнемеловой флиш смят на значительном расстоянии.

Северное крыло складки, сложенное третичными отложениями, характеризуется чрезвычайным уменьшением мощности слагающих горизонтов. А. Л. Козлов указывает, что здесь «майкоп имеет мощность не более 50 м, а фораминиферы — не более 30 м» (против 200 м первого и 250 м второго в гладковской антиклинали). Западнее палеоген совсем исчезает, ибо по третьей линии шурфов между чокраком и верхним мелом остается пласт мощностью не более 2 м.

Верхний мел обнажается здесь всего-на-всего только в виде узкой полосы мощностью в несколько десятков метров, в то время как мощность его в районе станицы Баканской измеряется километрами.

В западной части антиклиналь еще более осложнена. По указанию А. Л. Козлова, сеноман в северном крыле падает к югу, а в южном крыле — к северу. Единственное объяснение такого явления можно найти во второй складчатости ядра антиклинали, сопровождающейся разрывами.

Далее к западу нижнемеловая антиклиналь появляется у хут. Куколовка (куколовская антиклиналь).

Псебепская антиклиналь не переходит непосредственно в куколовскую. Между этими двумя антиклиналями наблюдается резкий изгиб оси. Восточное окончание куколовской антиклинали отстоит примерно на 1 км к северу от западного окончания псебепской антиклинали. Это явление нами рассматривается как нарушение линии между куколовской и псебепской структурами в результате осложнения ядра общей антиклинальной линии с образованием в осевой части антиклинали синклинальной зоны.

В ядре куколовской антиклинали обнажаются нижнемеловые глины — они выходят среди миоценовых известняков.

Характер этой антиклинали диапировый, что хорошо видно из непосредственного залегания палеогена и других третичных горизонтов на меловом ядре.

Антиклиналь эта также сильно осложнена.

А. Л. Козлов указывает, что «в районе хут. Куколовка мы имеем ясный надвиг нижнего мела (верхнесидеритовой толщи) на сеноман». Об этом свидетельствуют не только сама поверхность надвига, вскрытая шурфом, но и значительное сокращение полосы сеномана, мощность которой сокращается с 750 до 75 м.

Это указание А. Л. Козлова находится в противоречии с точкой зрения К. А. Прокопова, высказанной им в его работе 1911 г. К. А. Прокопов считает, что:

1) южное крыло куколовской антиклинали с ядром из фораминиферовых отложений (ныне меловых) осложнено синклиналью, выполненной меотисом;

2) эта синклиналь затем протягивается дальше к северо-западу в виде ряда отдельных синклиналей, которые можно соединить в синклинальную линию, уходящую к северо-западу в соседний гостогаевский планшет.

В настоящее время К. А. Прокопов, на основании своих работ 1928 г., утверждает, что «куколовская нижнемеловая антиклиналь далее к северо-западу, повидимому, заканчивается, облекаясь третичными отложениями, и отделяется третичной синклинальной линией от южных выходов меловых отложений».

Позднее (1931 г.) А. Л. Козловым в 2 км к западу от куколовской антиклинали в этой синклинальной зоне (вместо фораминиферовых отложений) обнаружен нижний мел.

Обнаружение нижнего мела в синклинальной зоне и учет прежних ошибок К. А. Прокопова по псебепской и куколовской антиклиналям (смешивание фораминиферовых отложений с нижнемеловыми) позволяет высказать

следующее предположение. Синклинальная зона, проходящая к югу от куколовской антиклинали, как это трактует К. А. Прокопов, есть на самом деле не что иное, как сильно дислоцированная нижнемеловая антиклинальная линия, уходящая на северо-запад от куколовской антиклинали в район ст. Гостогаевской.

Непосредственно к северу от этой нижнемеловой антиклинали (фиг. 6) расположена другая антиклинальная линия складок с аналогичным простиранием. Эта линия проходит несколько севернее от ст. Гладковской и отделяется от нижнемеловой антиклинали синклинальным прогибом, выполненным меотисом и верхним сарматом.

На юго-востоке эта антиклиналь возникает вблизи ст. Крымской и затем в северо-западном направлении уходит в Гостогаевский район. В ядре ее в большинстве случаев обнажаются фораминиферовые отложения, а в одном из ее поднятий — гладковской структуры — и меловые отложения (нижний мел), к которым и приурочены грязевые сопки Гладковского грязевого вулкана.

Сопки Гладковского грязевого вулкана расположены в живописной холмистой котловине, склоны которой покрыты дубняком и орешником.

Выделение газа и сопочной грязи приурочено к небольшой бугристой площадке, сплошь усеянной лужеобразными кратерами самых различных размеров, но не превышающих 1—1.5 м в диаметре.

Местное население использует их как лечебные грязи, вследствие чего большинство кратеров представляет собою природные ванны. Общее количество центров деятельности достигает, примерно, 100.

В выбросах гладковских сопок имеется много твердых горных пород. Особенно много отложений нижнего мела: тутенштейнов, сидеритов, галек изверженных пород. Много глауконитовых и кварцевых песчаников, очевидно, сеноманского возраста. Верхнемеловых мергелей очень мало. Мною всего было найдено два сомнительных образца, которые легко спутать с массой выбросов фораминиферовых пород — светложелтых радиоляриевых мергелей. Из фауны нами был найден один *Inoceramus* в обломке сидерита. А. Л. Козловым же указывается один экземпляр *Neohibolites* sp.

Непосредственно к сопочной брекчии примыкают коренные породы. В нескольких десятках метров к юго-востоку от сопочного поля (фиг. 7) выходят нижнемеловые глины, непосредственно контактирующие с верхами фораминиферовых отложений. Верхний мел — белые мергеля — обнажается в виде небольшой полоски. Все сопочное поле оконтуривается фораминиферовыми отложениями, а затем и майкопскими.

Работавший здесь в 1931 г. А. Л. Козлов расшурфовал и разбурил все сопочное поле. На основании этих работ выяснилось, что «под сравнительно тонким покровом сопочной грязи Гладковского вулкана залегает крупная брекчия, состоящая из глыб нижнемеловых глин. Отдельные вскрытые глыбы достигали величины до 2 м^3. Поверхность отдельных обломков представляет более или менее ясно выраженные зеркала скольжения».

Пробуренные А. Л. Козловым буровые скважины указывают на контакт брекчии с коренными породами — фораминиферовыми отложениями. Например, «вертикальная скважина, заложенная на фораминиферовых мергелях, прошла 15 м и не встретила каких-либо других пород. Скважина, заложенная на брекчии в 4 м от предыдущей, прошла 20 м по сопочной брекчии».

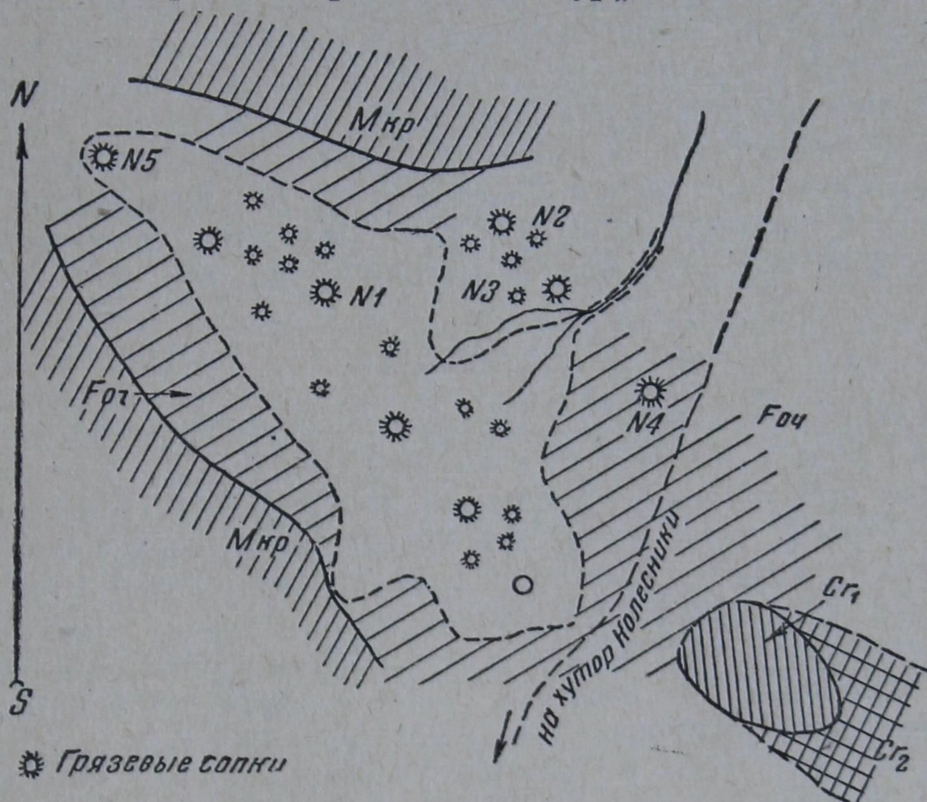
По А. Л. Козлову общая площадь нижнемеловой брекчии равна 50 000 м^2. Эти данные указывают на мощный процесс выжимания, выпирания как брекчии, так и коренных пород в ядре структуры, в месте поверхностного выделения сопочной грязи и газа.

Если к этому добавить постоянное увеличение (к оси) углов падения пород, доходящих на перегибах до 90°, и отдельных выжиманий тех или

других горизонтов, то структура имеет явно выраженное диапировое строение.

Ярким примером этому служат канавы, заложенные А. Л. Козловым на северном крыле этой антиклинали, показавшие непосредственный контакт нижнего мела с верхним отделом фораминиферовой свиты. Низы фораминиферовых отложений совсем при этом отсутствовали, а верхний мел в виде отдельных глыб был зажат на контакте нижнего мела и фораминиферовых отложений. Далее, непосредственно к северо-западу от ст. Гладковской, антиклиналь несколько погружается, при погружении она ундулирует, образуя на оси отдельные вздутия типа диапировых. Следующее поднятие складки можно наблюдать только в левом берегу р. Псебепса в бассейне р. Шуго. Это поднятие оси приурочивается к верховьям р. Чекупс, вследствие чего структура и носит название верхнечекупской антиклинали.

На верхнечекупской антиклинали как в 1926 г. при съемке ее К. А. Прокоповым, так и в последние годы, во время работ треста «Кубчернефть» (1934 г.), детальных работ с применением шурфования не ставилось.



Фиг. 7. Схема Гладковских сопок

Структура изучалась на естественных обнажениях.

По этим данным верхнечекупская структура представляет собою антиклинальную складку с ядром, сложенным из фораминиферовых отложений. В последнее время К. А. Прокопов указывает на наличие в ядре верхнемеловых пород. В строении крыльев участвует весь комплекс третичных отложений. Как и в ранее описанных структурах, отдельные горизонты выжаты и трансгрессивно перекрыты.

Обнаруженные нами в размыве балок обломки тутенштейнов указывают на близость нижнемеловых отложений и еще раз ставят вопрос о пересмотре фораминиферовой свиты верхнечекупской антиклинали, как это было сделано в гладковской и псебепской антиклиналях. К северу от верхнечекупской антиклинали, непосредственно к ней примыкая, и расположен грязевой вулкан Шуго.

Вулкан находится как бы на северном крыле верхнечекупской складки, трансгрессивно перекрытой почти горизонтально лежащими киммерийскими отложениями и излившейся сопочной брекчией.

К. А. Прокопов предполагает наличие здесь дислокации, отдельной от верхнечекупской антиклинали. Имеющийся дополнительный материал позволяет настаивать на наличии скрытой дислокации под мощным покровом сопочной брекчии и трансгрессивным залеганием третичных отложений.

Подтверждением этому может служить анализ выбросов вулкана Шуго и количественно и по составу. Анализ показывает, что:

1) в выбросах преобладают нижнемеловые отложения, а затем верхнемеловые;

2) низы третичных отложений (фораминиферовые отложения и, возможно, свита Горячего Ключа) имеют подчиненное значение;

3) верхи третичных отложений (сармат, меотис, понт и киммерийский ярус) в выбросах почти не участвуют.

Итак, анализ выбросов указывает на чрезвычайную близость нижне- и верхнемеловых отложений к поверхности.

Резкое уменьшение мощности верхнемеловых отложений и пород, лежащих выше нижнего отдела третичной системы, наблюдаемое нами в окружающих районах, подтверждает эту точку зрения. Незначительное участие в выбросах третичных пород, особенно верхних горизонтов, указывает на то, что эти отложения почти не затронуты эруптивным процессом вулкана.

Возможно, что это зависит от их малой мощности, или же эти горизонты просто закрыты выпирающими меловыми отложениями.

Второстепенное участие в выбросах вулкана нижнего отдела третичной системы указывает на процесс выжимания, так как трудно себе представить их отсутствие в разрезе, потому что эти горизонты хорошо развиты как на северном крыле верхнечекупской антиклинали, так и в южно-варениковской.

ВЫВОДЫ

На основании изложенного материала строение грязевого вулкана Шуго можно представить себе в следующем виде:

1. Вулкан приурочен к дислокации, скрытой под трансгрессивным залеганием верхнего отдела третичной системы. Подтверждением такого вывода, помимо приведенного материала, служит наличие в 2 км к северу от вулкана южно-варениковской антиклинали.

Эта антиклиналь, скрытая ранее под наносами и трансгрессивным залеганием киммерийских отложений, была обнаружена в самое последнее время в результате применения шурфовочных работ.

2. В строении вулкана принимают участие, главным образом, меловые отложения. Третичные породы (как уже указывалось выше), широко развитые как на северном крыле верхнечекупской антиклинали, так и южно-варениковской, слабо участвуют в строении вулкана. Следовательно, они дислоцированы, т. е. третичные породы, очевидно в большей своей части выжаты или закупорены массой перемятых пород мелового ядра.

Итак, в свете указанных данных грязевой вулкан Шуго является выражением скрытой дислокации. Дислокация эта, судя по характеру тектоники всего района, — типа диапировой складки.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

П. П. АВДУСИН

К ПЕТРОГРАФИИ ПРОДУКТОВ ИЗВЕРЖЕНИЙ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ КРЫМСКО-КАВКАЗСКОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ

ВВЕДЕНИЕ

Основными задачами, стоявшими перед литологической группой коллектива, изучавшего проявление грязевого вулканизма в Крымско-Кавказской геологической области, было выяснение структуры эруптивного аппарата грязевых вулканов и разрешение основных вопросов генетики твердых продуктов извержений их.

Предшествовавшими исследователями грязевых вулканов (Я. Шегреном, Гюмбелем, Э. Штебером, Ковалевским, Н. С. Шатским и др.) было установлено, что значительная часть твердых продуктов извержений состоит из элементов осадочных толщ, подстилающих грязевые вулканы. Естественно поэтому, что начальным этапом работ группы и был детальный петрографический анализ всего комплекса третичных и доступных наблюдению меловых отложений, развитых в зонах восточного и западного погружения Кавказского хребта.

Неогеновые отложения Азербайджана изучались нами раньше в 1927—1933 гг. в АзНИИ (Баку).

Палеоген и мел юго-восточного Кавказа изучался по материалам, собранным во время экспедиции 1935—1936 гг. в районе Юнусдагской гряды, на южном склоне горы Дибрар, в верховьях рр. Пирсагата и Козлы-чая и в центральном Кабристане.

Материалами для анализа третичных и меловых отложений Керченского и Таманского п-овов служили коллекции пород, иллюстрирующие разрезы, снятые во время экспедиционных работ 1936 г. по берегу Азовского моря между мысом Тархан и сел. Еникале, у Камыш-буруна, по берегу Черного моря, у горы Зеленского и у г. Феодосии.

Целью петрографических исследований всего этого материала было выделение стратиграфических коррелятивов к основным разрезам осадочных отложений восточной и западной оконечностей Кавказского хребта. Поэтому главным содержанием аналитических работ было изучение:

1) структуры осадков (по данным механического анализа и исследованиям плоскопараллельных препаратов);

2) минералогического состава песчаных фракций алюмосиликатных пород и нерастворимой в HCl части карбонатных образований;

3) средней карбонатности пород (по методу Кларка).

К моменту составления настоящего отчета был закончен анализ большей части разрезов третичных и меловых отложений юго-восточного Кавказа и выделен ряд коррелятивов, краткая сводка которых приводится на фиг. 1.

Третичные и меловые осадки Керченского и Таманского п-овов нами изучены пока не так детально, как синхроничные отложения юго-восточного Кавказа, но и та часть материалов, которая уже обработана (З. В. Варовой),

позволяет отметить ряд интересных особенностей в минералогическом составе их.

Так например, осадки песчаных фаций нижнего отдела майкопской свиты представлены кварцем и глауконитом, а характерными тяжелыми минералами их является эпидот и ассоциация дистена, граната и ставролита; пелиты верхнего отдела этой свиты не содержат карбонатов Са, но богаты сидеритом и доломитом; бейделит (Al_2O_3. $3SiO_2$. $4H_2O$) и другие минералы глин играют в них роль породообразующих.

В песчаных фракциях чокракских отложений распространенным минералом «тяжелой» группы является эпидот; породы верхних горизонтов чокрака загрязнены выделениями пирита, марказита и других форм сернистого железа, — обычных спутников осадков застойных зон морских бассейнов.

Коррелятивами отложений меотического яруса являются минералы группы слюд; в легкой фракции часты кремневые панцыри диатомовых водорослей. В тяжелой фракции песчаных прослоев понтического яруса снова появляются эпидот и ассоциация дистен-ставротита, которые в киммерийском ярусе и в надрудной песчаной толще становятся доминирующими минералами тяжелой фракции.

Изучив петрографический состав третичных и меловых отложений юго-восточных и северо-западных предгорий Кавказского хребта, мы приступили к следующему этапу наших исследований — к детальному анализу твердых продуктов извержений грязевых вулканов этих областей.

Объектами исследования были и породы (брекчиевидные), слагающие тело вулкана, и сопочные брекчии разных циклов извержений, и сопочные илы (пелиты), — продукты деятельности паразитических эруптивных аппаратов и, наконец, минеральные образования и обломки твердых пород — продукты делювия и дефляции сопочных покровов, которыми обычно усеяны склоны вулканов.

К камеральной обработке этого материала приступлено было осенью 1936 г., и полученные результаты позволяют уже выделить ряд основных структурных типов в твердых продуктах извержений и выяснить минералогический состав их.

СТРУКТУРА ТВЕРДЫХ ПРОДУКТОВ ИЗВЕРЖЕНИЙ

Опуская изложение общих принципов классификации грубообломочных осадочных образований, хотя это и необходимо было бы для более полного обоснования выдвигаемых ниже положений, мы дадим лишь общее резюме наблюдений над структурой продуктов извержений грязевых вулканов, собранных в поле, а также результатов микроскопического исследования плоскопараллельных препаратов характерных типов брекчий грязевых вулканов Азербайджана, Грузии, Керченского и Таманского п-овов.

Рассматривая грязевой вулканизм как геологический процесс (явление), связанный с особыми тектоническими формами (диапирами) областей развития специфического комплекса осадочных образований и характеризующийся сопряжением пластичных масс с так называемыми компетентными породами, — процесс, осложненный в нефтеносных областях выделениями газообразных углеводородов, — можно твердые продукты извержений грязевых вулканов подразделить на следующие, чаще всего встречающиеся типы:

a) брекчии грязевых вулканов или автокластиты;

b) сопочные брекчии;

c) сопочные пелиты (илы).

Анализ продуктов извержений в поле, данные глубоких расчисток шурфами и, наконец, исследование кернов глубокого бурения (Лок-батан,

Сарынча и др.), с одной стороны, и результаты микроскопического анализа — с другой, показывают, что эруптивный аппарат и тело вулкана сложены из пластичной, поддающейся под воздействием тектонических усилий выжиманию, массы сильно перемятых пород подстилающего комплекса осадков.

Эта брекчиевидная масса состоит из всевозможных — крупных и мелких — обломков пород, скрепляющихся иногда лишь силами прилипания; чаще кластический материал погружен в перемятую, но более или менее однородную пелитовую массу.

Среди обломочного материала преобладают глинистые типы пород, различающиеся по структуре и окраске. На долю обломков таких твердых пород, как песчаники, известняки и доломиты, обычно падает всего лишь 3—8% от массы всей брекчии.

Величина обломков колеблется в весьма широких пределах. Многочисленные замеры показывают, что чаще встречаются обломки от 2 мм до 17 см.

Нередко в массе перемятых пород встречаются совершенно неправильных угловатых очертаний глыбы (или скалы) плотных и твердых образований — песчаников, известняков и доломитов, достигающие размеров 3—5 и даже десятка куб. метров. Громадные глыбы брекчиевидного доломита можно наблюдать у западного края эллиптической кальдеры Отман-бозы-дага; крупные обломки песчаников чокракско-спириалисового возраста встречаются в брекчии Тоурагая; на скалы известняков до 3 м в поперечнике, встречающиеся в выбросах грязевого вулкана в районе Братской дороги (Тринидад), указывает Куглер.

Еще бóльших размеров (правда, не так часто) массивы глинистых формаций удается наблюдать в массе перемятых пород вулкана. Примером могут служить глыбы объемом до сотни куб. метров глинистых пород диатомовой и майкопской свит, наблюдавшиеся среди продуктов последнего извержения Лок-батана (1935 г.). Поверхности таких массивов обычно бывают покрыты зеркалами скольжения с глубокими параллельными царапинами и шрамами (борозды скольжения).

Особенностью брекчий грязевых вулканов является отсутствие элементов механической обработки кластического материала и полная неотсортированность его; это — типичные автокластиты.

Часто сопровождающие процессы извержений струи газовых эманаций и увлекаемая ими жидкая фаза вступают в физическое и физико-химическое взаимодействие с массой брекчиевидных пород, размягчают и частично перерабатывают их, и свои выбросы сопровождают излияниями вязких серых масс — сопочной брекчии.

Не всегда макроскопический анализ позволяет заметить изменения структуры автокластитов, переходящих в сопочную брекчию. Хорошо это удается наблюдать в выбросах тех грязевых сопок, в которых при энергичном выделении газа поступление жидкой и твердой фазы замедлено. Струи выделяющегося газа образуют в жидкой массе, заполняющей сопку, «конвекционные токи», которые и приводят иногда к совершенному окатыванию обломков глинистых пород до сферической формы (западные сопки Боздага). Случаев такой совершенной обработки твердых пород (процесс, существование которого допускает Штебер) нами не наблюдалось.

Следы обработки кластического материала жидкой фазой отчетливо проявляются под микроскопом в плоскопараллельных препаратах. В них часто наблюдаются мелкие в 0.5—2.0 мм обломки глинистых пород, округленные до формы овоида или сферы. В шлифах с большей площадью удается наблюдать часто и некоторую сортировку материала.

Вот эти структурные особенности сопочной брекчии — механическая обработка кластического материала жидкой фазой и следы начавшихся процессов дифференциации его по абсолютной величине обломков —

являются отличительными признаками второй разновидности твердых продуктов извержений.

Более энергичное и продолжительное действие газового фактора, при избытке жидкой фазы, приводит иногда к полной дезинтеграции крупных обломков и к образованию высокодисперсной пелитовой массы, в различной степени разбавленной водой. Это сопочные пелиты или, как еще их называют, сопочные илы.

Образование последнего типа пород, возможно, и не связано с дезинтеграцией непременно сопочных брекчий: сопочные пелиты образуются повсюду, где на пути выделения газов и увлекаемой ими воды встречаются легко размываемые породы.

В некоторых сопочных брекчиях и пелитах, благодаря присутствию в вязкой массе пузырьков газа, возникают поры, принимающие форму этих пузырьков — шарообразную, или эллипсоидальную; иногда эти поры вытягиваются в виде цепочки или, соединяясь, принимают трубчатый вид. В зависимости от количества и величины пузырьков можно различать следующие структурные (текстурные) разности брекчии: пористую, пузыристую и ноздреватую.

Нередко эти пустоты бывают выполнены нефтью (грязевые вулканы Шор-сулы, Джагирлы и др.), а в брекчиях древних покровов — гипсом, ангидритом, улекситом, кальцитом — минеральными образованиями экзогидатогенных процессов поверхностной зоны.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТВЕРДЫХ ПРОДУКТОВ ИЗВЕРЖЕНИЙ

Прежде чем перейти к изложению результатов минералогического анализа твердых продуктов извержений, следует в нескольких словах остановиться на работах в этом направлении предшественников.

Первым применил петрографический анализ к исследованию сопочной брекчии Абих. Однако, отсутствие рациональной методики минералогического анализа пелитовых пород заставило его отдать предпочтение химическим методам исследования. Только химический анализ, по его мнению, «сможет дать действительное представление о породе неизвестного минералогического происхождения, продукты пелитового разложения которой и представляют сопочную брекчию» (цитируется по Абиху). Применяя методику рационального пересчета химического состава изверженных пород к результатам химического анализа сопочной брекчии о-ва Кумани, Абих пришел к выводу, что «первоначальная лава происходит из глубоких, недоступных наблюдению формаций, в которых главную часть составляют бисиликаты высшей кислотности, и лаву о-ва Кумани следует отнести к группе трахито-порфиритовой или риолитовой формации». Не считая минералогический состав пелитовой массы брекчии важным генетическим признаком, Абих тем не менее, описывая продукты извержения грязевого вулкана Тоурагая (Азербайджан), признает необходимым «провести дальнейшие аналитические исследования вместе с механическим разделением и при помощи микроскопа».

Я. Шегрен в 1887 г., описывая сопочную брекчию Лок-батана, приводит результаты микроскопических исследований, которые позволили ему обнаружить в «сопочном шламме» глинистые образования, полевые шпаты, кварц, амфиболы, известковый шпат и пирит.

Двумя годами позднее Гюмбель, применяя микроскоп к анализу продуктов выбросов грязевых вулканов Италии, находит в «сопочной грязи» панцыри диатомей, радиолярии и другие организмы и приходит к заключению, что «извергнутая грязь представляет собой не что иное, как размягченные глинистые сланцы, подстилающие непосредствено грязевые вулканы или же лежащие неглубоко под ними. Что же касается золы,

лапиллей лавы, пемзы, т. е. продуктов настоящих вулканов, то эти вещества в состав грязи не входят».

Пользуясь этими данными Гюмбеля, Штебер в своих работах 1909—1913 гг. доказывает, что «грязевый шламм» представляет собой продукты перетирания обломков пород, проходящих через «газовую скважину».

Исследуя под обыкновенным микроскопом выбросы Карабетовки (близ Тамани), Штебер отмечает в них зерна кварца, плагиоклаза, ортоклаза, оливина, хлорита и кальцита.

Кроме перечисленных исследователей, применить минералогический анализ к изучению продуктов выбросов грязевых вулканов пытался проф. Гуров на материалах, собранных Красновым в 1905 г.; но несмотря на большое число анализов сопочных брекчий из Кейреки, Боз-дага, Харами и Маразинских сопок, ему удалось во всех случаях отметить лишь «глинистое вещество, обломки кварца и глауконит»; последний, по мнению проф. Гурова, в древних выбросах Кейреки переходит в бурые разновидности, присутствием которых и обусловливаются бурые тона древних покровов. В данном случае за бурый глауконит проф. Гуров посчитал, видимо, псевдоморфозы бурых гидроокислов железа по сферолитам пирита и марказита, в изобилии встречающиеся в сопочных брекчиях.

Приводимый перечень случаев минералогического исследования сопочных брекчий представляет почти все, что в отношении детального петрографического анализа твердой фазы продуктов извержений было сделано до последнего времени.

Методика минералогических исследований пелитовых пород, разработанная нами на анализах глинистых отложений основных разрезов юго-восточного и северо-западного склонов Кавказского хребта, была применена с небольшими изменениями и при исследовании сопочных брекчий и сопочных пелитов.

В настоящий момент мы уже располагаем результатами более или менее полного минералогического анализа продуктов извержений ряда вулканов Керченского и Таманского п-овов (Булганакские и Тарханские сопки, Джарджава, гора Карабетова и др.) и Азербайджана (Кейреки, Лок-батан, Отман-бозы-даг, Давали-даг, Тоурагай, Боз-даг, Харами и др.).

Минералогическому исследованию подвергались как кластический материал и цементирующая масса сопочных брекчий, так и сопочные пелиты. К анализу налетов и выцветов, часто наблюдаемых на поверхностях сопочных покровов, мы только что приступили, и в табл. 1 вошли результаты исследований лишь небольшой коллекции этих минералов, собранных на грязевых вулканах центрального Кабристана (Азербайджан).

При изучении минералогического состава цементирующей массы брекчиевидных пород, анализировавшиеся образцы брекчии для более полного отделения цемента от кластического материала подвергались обработке абсолютным алкоголем. Смоченная алкоголем брекчия легко дезаггрегировалась на составляющие ее компоненты и под бинокулярным микроскопом кластический материал легко отделялся от цемента.

В твердой фазе продуктов извержений установлено нами уже более 70 отдельных минералов, которые по генетическим признакам могут быть разбиты на три группы.

К первой группе относятся минеральные образования, представляющие продукты механической дезинтеграции пород осадочного комплекса, принимающего участие в геологическом строении областей проявления грязевых вулканов. Их можно назвать реликтовыми минералами sui generis. Это полевые шпаты, кварц, бейделит, галлоизит, слюды и другие минералы, подробный перечень которых приводится в табл. 1. Твердая фаза продуктов извержений и состоит в основном из этих компонентов.

Таблица 1

Минералы, обнаруженные в продуктах извержений грязевых вулканов Крымско-Кавказской геологической области

А. Минералы реликтовые (из осадочных пород подстилающих толщ)		Б. Минералы грязевых вулканов	В. Минералы термального метаморфоза (в обожженной брекчии)
Кварц	Змеевик	Карбонаты кальция $CaCO_3$	Алиты $3CaO \cdot SiO_2 + 3CaO \cdot Al_2O_3$ (?)
Полевые шпаты	Тремолит	Доломит $CaCO_3 \cdot MgCO_3$	Белиты $2CaO \cdot SiO_2$
Анальцим	Актинолит	Сидерит $FeCO_3$	Известково-натриевые полевые шпаты (?)
Бейделит и другие минералы глин	Обыкновенная роговая обманка	Сера S	Железо α-Fe
Опал	Глаукофан	Пирит FeS_2	Аморфный кремнезем
Халцедон	Авгит	Марказит FeS_2	Окись кальция
Вулканическое стекло	Диопсид	Гидротроилит $FeS \cdot H_2O$	Стекло бурое и зеленое (n=1.495—1.503)
Углистые и битуминозные образования	Гиперстен	Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	
Гранат	Эпидот	Ангидрит $CaSO_4$	
Бурая шпинель	Цоизит	Барит $BaSO_4$	
Циркон	Дистен	Целестин $SrSO_4$	
Рутил	Силлиманит	Ярозит $(K,Na)_2Fe_6(OH)_{12}(SO_4)_4$	
Анатаз	Андалузит	Квасцы аммиачные $(NH_4)Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	
Брукит	Титанит	Селитра $NaNO_3$	
Апатит	Глауконит	Галит NaCl	
Коллофанит	Оливин	Халькопирит $CuFeS_2$	
Далит	Ставролит	Атакамит $CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$	
Бесцветные слюды	Турмалин	Арагонит $CaCO_3$	
Биотит	Ильменит	Антраколит $CaCO_3 + C_nH_m$	
Зеленые слюды	Лейкоксен	Термонатрит $Na_2CO_3 \cdot H_2O$	
	Магнетит	Эпсомит $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	
	Красные окислы железа	Улексит $NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$	
		Бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	

Вторая группа объединяет минералы, которые генетически связаны с процессами, протекающими в массе твердых продуктов извержений. Эти образования в свою очередь можно расчленить на две подгруппы. К первой относятся минеральные образования, встречающиеся как эпигенные в осадочных породах подстилающего комплекса; ко второй — минералы, в этих отложениях не обнаруженные.

Среди минералов первой подгруппы наибольшим распространением пользуются сульфаты Ca (и Mg), сульфиды Fe и карбонатные минералы.

Гипс и ангидрит образуются главным образом в результате:

1) взаимодействия серной кислоты, освобождающейся при разложении окисляющихся сульфидов, и солей слабых кислот;

2) воздействия H_2S, часто входящего в состав газовой фазы выбросов, на карбонаты Ca; не малую роль в последнем процессе (в поверхностной зоне) играет и жизнедеятельность бактерий: в зараженных сероводородным брожением сальзах часто удается наблюдать, как под сравнительно тонким слоем черно-синей пелитовой массы, богатой сульфидами железа и их гидратных форм, располагается зона, насыщенная выделениями гипса, иногда с примесью серы.

Образование сульфидов железа происходит главным образом за счет восстановления окисных форм Fe в пелитовой массе брекчии под воздействием H_2S.

Пирит и марказит почти всегда сопровождаются выделениями аморфного гидротроилита, черно-синей окраской которого и объясняется голубоватый оттенок свежих сопочных выбросов. В нескольких случаях удавалось наблюдать образование пирита и в результате воздействия H_2S на сидерит.

Из карбонатных образований чаще всего встречается кальцит, реже — доломит и сидерит. Термонатрит и боронатрокальцит отмечались в выбросах далеко не всех вулканов.

Следует отметить, что карбонатность сопочной брекчии и сопочных пелитов часто несколько выше средней карбонатности осадочных пород, образующих эти продукты извержений. Объясняется это тем, что значительная доля карбонатных образований, обнаруживаемых в выбросах сопочных брекчий, является продуктом экзогидатогенных процессов поверхностной зоны изверженных масс.

Большие давления, гидростатические и динамические, под которыми находится жидкая фаза в недрах вулкана, а потому повышенное содержание в водах грязевых вулканов CO_2, способствуют обогащению их растворимыми карбонатами щелочных, щелочноземельных и других оснований. По мере приближения в процессах извержения жидкой фазы к дневной поверхности, давления, под которыми воды находились на глубине, падают, содержание растворимой в них CO_2 уменьшается, и из раствора начинают выпадать карбонаты, главным образом, Ca, Mg и Fe.

Этим и объясняется то обстоятельство, что в сопочных брекчиях грязевых вулканов, богатых выделениями CO_2, наблюдается повышенное содержание карбонатных минералов.

Содержание CO_2 в некоторых из таких вулканов приводится в табличке.

	Сод. CO_2
Мишов-даг	4.0
Ахтарма Пашалы	11.4
Юркины сальзы	3.0
Шор-сулы	10.0
Давали-даг	2.57
Лок-батан	6.6
Гнилая гора (у Темрюка)	26.7
Шуго	6.7
Пекла	3.1

Аналогичный процесс образования карбонатов можно наблюдать и при выходе богатых угольной кислотой вод некоторых буровых скважин. Так например, у устья бурившихся на нефть в Берекее (Дагестан) скважин, в газе которых обнаружено до 7.2% CO_2, образуются мощные травертиноподобные образования кальцита и арагонита.

В подгруппе минералов, обнаруженных лишь в выбросах грязевых вулканов, обращают на себя внимание борсодержащие образования — бура ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) и боронатрокальцит или улексит ($NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$). В заметных количествах эти минералы встречены были на Керченском и Таманском п-овах. Наибольшие скопления боронатрокальцита обнаружены были не в жерлах эруптивных аппаратов, а в стороне от центров извержений, в почвенном слое пониженных участков рельефа, т. е. в местах наиболее благоприятных для концентрации солей, выщелачиваемых из продуктов выбросов грязевых вулканов.

Сопоставление данных химического анализа сопочных брекчий с результатами петрографических исследований их показывает, что появление бора в заметных количествах фиксируется везде, где в твердых продуктах извержений участвуют породы майкопской свиты; наоборот, в выбросах сальз, расположенных на отложениях мелового возраста (у г. Симферополя), несмотря на весьма тщательные химические исследования, бора не обнаружено.

С другой стороны, в ряде образцов глинистых пород, взятых из коренных выходов майкопской свиты у мыса Тархан (северный берег Керченского

п-ова), А. А. Варовым бор был констатирован с несомненной очевидностью.

Эти факты опровергают выдвигаемую проф. С. П. Поповым и проф. С. А. Ковалевским гипотезу о появлении бора в грязевых вулканах в связи с глубинными магматогенными процессами и заставляют смотреть на боронатрокальцит и буру, как на образования экзогидатогенные, связанные с процессами выщелачивания борнокислых соединений из принимающих участие в образовании брекчий пород майкопской свиты.

Установить минеральные формы, в которых бор встречается в осадках Майкопского бассейна, нам пока не удалось.

Несколько обособленно стоит группа минералов — продуктов термального метаморфоза брекчий, подвергшихся воздействию высоких температур горевших газов. Это — силикаты кальция [алиты $3CaO.SiO_2+3CaO.Al_2O_3$(?) и белиты $2CaO.SiO_2$], окись кальция, стекло и металлическое железо. Все эти минералы нередко образуются и в процессах искусственного обжига пород. Например, алиты и белиты — типичные минералы клинкерных процессов при изготовлении портланд-цемента; восстановление из окисных форм металлического железа — основной металлургический процесс и т. д.

Выводы

Петрографический анализ как цементирующей массы брекчии, так и твердых обломков кластического материала — песчаников, известняков, доломитов и глинисто-сланцевых пород — приводит к тому, что твердая фаза продуктов извержения грязевых вулканов состоит только из элементов осадочных пород подстилающего комплекса.

Обломки магматических пород среди кластического материала брекчий обнаруживались редко. Находки эти или связаны с делювием послетретичных галечниковых образований, примешивающихся к продуктам извержений, как то имеет место на Котур-даге, Малом Харами и Мишов-даге, где среди обломков брекчии встречается галька кварца, гранита, порфирита, диабаза, змеевика и метаморфизованных пород, или же представляют собою элементы грубообломочных пород (конгломератов) подстилающего комплекса. Примером последнего случая могут быть встречаемые в выбросах грязевого вулкана Шуго и Гладковских сопок галька и обломки кварцевых порфиров и порфиритов, входящих в состав конгломератов мела.

Третий оригинальный случай находки изверженных пород был констатирован на грязевом вулкане близ станицы Сенной (Таманский п-ов), недалеко от развалин древней греческой колонии Фанагории. На вершине пологого конуса с отметкой 61.2, среди делювия сопочных образований, кроме глинистых известняков и доломитов майкопского возраста, был обнаружен ряд округлых и угловатых обломков оливинового андезита, оливинового долерита, спилозита и мелкозернистого мрамора (типа каррарского).

Петрографический анализ цементирующей массы брекчии и кластического материала показывает, что очаг извержений этого вулкана находится в майкопских отложениях.

После детального обследования всего района обломки отмеченных выше пород были обнаружены не только на вершине вулкана, но и в широкой полосе, спускающейся к берегу моря. Когда места находок этих изверженных пород Е. В. Кравченко были нанесены на карту, то стало очевидным, что породы эти занесены человеком, и их следует считать отложениями «культурного слоя».

Как известно, в этой части Таманского п-ова до IV в. нашей эры в течение тысячи лет процветала столица восточной части Босфорского царства — Фанагория, развалины которой в виде земляных валов и рвов сохранились и до сих пор. Грязевой вулкан и, возможно, горевшие на нем газы не могли не привлекать всеобщего внимания населенной когда-то области, и частые

посещения горы человеком оставили следы в виде привезенных издалека и занесенных обломков изверженных пород и часто встречающихся с ними черепков битой посуды. По своему петрографическому составу находимые андезиты весьма напоминают свежие лавы Санторина.

Переходя к анализу петрографического состава сопочных брекчий разных покровов современных извержений, следует отметить, что возраст пород, принимающих участие в образовании этих брекчий, оказывается обычно одним и тем же, т. е. глубина корней эруптивного аппарата во время извержений не меняется. Однако, в некоторых, правда, редких случаях перемещение очагов в цикле современных извержений наблюдать удается. Примером такого случая, пожалуй, могут быть названы извержения грязевого вулкана Кейреки (Азербайджан). В сопочной брекчии последнего извержения этого вулкана обнаружены породы вплоть до слюдистых песчаников ильхидагской свиты; в брекчиях же древних потоков встречаются только коунские известняки и породы более молодые, т. е. с течением времени в процессы извержения вовлекаются породы более древние.

Заметно меняется петрографический состав брекчий молодых и древних покровов грязевых вулканов так называемого «синклинального» типа. Эта разница особенно заметна при сопоставлении современных продуктов извержения с ископаемыми; примером могут служить сопочные брекчии грязевого вулкана Давали-дага — одного из древнейших вулканов Кабристана. Уже в верхнем отделе продуктивной толщи встречаются погребенные потоки его брекчий. Благодаря прекрасным разрезам на северном и южном склонах этого вулкана среди отложений нижнего и среднего отдела апшеронского яруса удается наблюдать ряд погребенных покровов его выбросов.

Мощность отдельных покровов этих брекчий местами достигает 4—5 м. Возможно, однако, что замеряемая в естественных обнажениях мощность преуменьшена, так как остатки морской фауны в таких брекчиях и наблюдаемая иногда в верхней части покрова отсортированность кластического материала указывает на то, что извержение этих масс происходило под водой, а потому не исключена возможность частичного размыва их.

Сопоставляя петрографический состав обломочного материала всех (и погребенных) покровов сопочных брекчий Давали-дага, можно наблюдать, как кластический материал более ранних извержений изменяется в сторону обогащения обломками апшеронских известняков. Наиболее богаты обломками этих пород продукты последних извержений, когда под давлением выжатых масс брекчий началось прогибание центральной части структуры Давали-дага.

Петрографический анализ твердой фазы извержений грязевых вулканов и сопоставление результатов его с петрографическим составом всего комплекса осадков, развитых в зонах погружения Кавказского хребта, позволяют выяснить не только строение грязевых вулканов, но и подойти к разрешению основных вопросов генетики этого своеобразного геологического феномена.

Если взять область восточной оконечности Кавказского хребта, то оказывается, что все крупные формы проявления грязевого вулканизма (Боз-даг II, Отман-бозы-даг, Тоурагай, Давали-даг и др.) связаны с участием в строении эруптивного аппарата, главным образом, пластичных масс майкопских, средиземноморских и понтических отложений или второй некомпетентной толщи разреза — нижнемеловых барремских глин (грязевые вулканы близ сел. Астраханка). Несмотря на то, что многие из вулканов (Боз-даг II, Давали-даг, Тоурагай и др.) сидят над отложениями продуктивной толщи, особенно богатой твердыми породами, главная масса выбросов представлена майкопскими и средиземноморскими осадками; элементы же продуктивной толщи, несмотря на ее громадную мощность, отмечаются в подчиненных количествах (фиг. 2).

Аналогичная связь между характером пород подстилающего комплекса и строением грязевых вулканов наблюдается и на площади Керченского и Таманского п-овов.

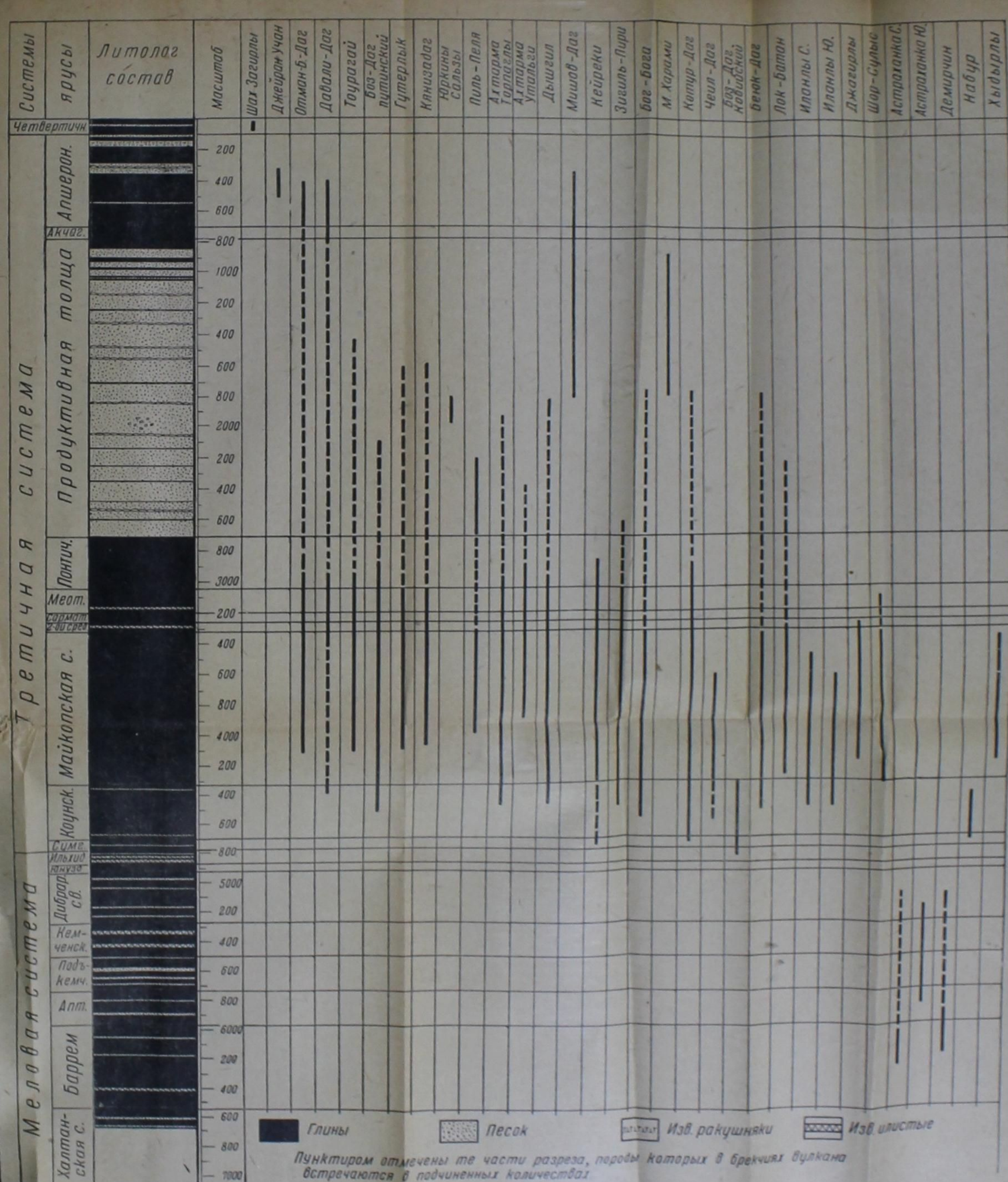
Всюду проявление крупных диапировых структур и грязевых вулканов, сопровождающихся пульсирующими выделениями иногда больших количеств газообразных углеводородов, связано с обязательным сочетанием характерного комплекса пластичных и так называемых компетентных пород.

Участие в строении этих тектонических форм мощных пластичных газонепроницаемых толщ обеспечивает концентрацию газовой фазы в определенных (сводовых) частях структур. Развивающиеся тектонические процессы приводят к внедрению иногда громадных масс сильно компримированного газа в пластичную толщу. Перемещение же этих газообразных масс в процессах извержений к дневной поверхности приводит к нарушению равновесия между сжатым газом и давлением прикрывающей толщи пород и к образованию бурных извержений, часто сопровождающихся взрывами.

Аналогичная связь между характером пород подстилающего комплекса и строением грязевых вулканов наблюдается и на площади Керченского и Таманского п-овов.

Всюду проявление крупных диапировых структур и грязевых вулканов, сопровождающихся пульсирующими выделениями иногда больших количеств газообразных углеводородов, связано с обязательным сочетанием характерного комплекса пластичных и так называемых компетентных пород.

Участие в строении этих тектонических форм мощных пластичных газонепроницаемых толщ обеспечивает концентрацию газовой фазы в определенных (сводовых) частях структур. Развивающиеся тектонические процессы приводят к внедрению иногда громадных масс сильно компримированного газа в пластичную толщу. Перемещение же этих газообразных масс в процессах извержений к дневной поверхности приводит к нарушению равновесия между сжатым газом и давлением прикрывающей толщи пород и к образованию бурных извержений, часто сопровождающихся взрывами.



Грязевые вулканы, стр. 66.

Фиг. 2. Схема, показывающая возраст пород, участвующих в выбросах грязевых вулканов, по данным петрографического анализа (по В. Андрусову)

ГРУППА МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИИ

МАТЕРИАЛЫ К МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ РАЙОНОВ РАЗВИТИЯ КАВКАЗСКИХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Лежащий в основе настоящей работы материал был собран по трем основным разрезам северо-западного и юго-восточного Кавказа и по ряду дополнительных разрезов, чтобы таким образом связать основные области исследований. На северо-западном Кавказе были дополнены и проверены микропалеонтологические данные, собранные за последние годы рядом исследователей. Здесь раньше Б. М. Келлером были изучены верхнемеловые отложения, М. А. Глесснером — мел и палеоген, Н. Н. Субботиной — палеоген и А. К. Богдановичем — неоген.

Во время экспедиции 1936 г. был собран материал по следующим разрезам: Таманский п-ов (от тархана до меотиса, изучена фауна фораминифер из 20 образцов), Анапа (от верхнего сенона до свиты Горячего Ключа, 15 образцов), Баканская долина (от нижнего мела до датских отложений, 15 образцов). Фораминиферовая свита северо-западного Кавказа, подробно изучавшаяся М. А. Глесснером уже в 1934 и 1935 гг., работами экспедиции не была охвачена.

Для сопоставления горизонтов северо-западного Кавказа с разрезом южного склона было собрано и изучено 8 образцов мела туапсинского района, для корреляции с классическими разрезами северного Кавказа — ряд образцов из районов Пятигорска и Нальчика.

На юго-восточном Кавказе в 1935 г. изучался разрез юнусдагской гряды (северо-западная часть Апшеронского п-ова). Литологическая группа, работающая под руководством П. П. Авдусина, дала 52 образца мела и палеогена, собственные сборы — 30 образцов и сборы других геологов — 25 образцов.

Одной из важнейших задач, решение которой должно было выяснить спорные вопросы стратиграфии юго-восточного Кавказа, являлось сопоставление юнусдагского разреза Апшеронского п-ова с разрезом горы Дибрар, расположенной в 80 км к северо-западу от Юнусдага. Здесь литологической группой было собрано большое количество образцов из обнажений всех свит нижнего и верхнего мела. Для изучения микрофауны было использовано 50 образцов глин и мергелей и большое количество шлифов твердых пород. Дополнительно были изучены 15 образцов из района сел. Астраханки, северного Кабристана и подвергнута тщательному пересмотру в свете новых данных фауна, изученная М. А. Глесснером в 1933 г. (110 образцов мела и палеогена, собранных в 1932 г. М. А. Мясниковой под руководством З. А. Мишуниной в районах сел. Аг-дара и Амиз-дара в северном Кабристане).

СТРАТИГРАФИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО И ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

1. Разрезы северо-западного Кавказа

Наиболее древним изученным горизонтом пока является баррем-аптская песчано-глинистая свита туапсинского разреза. Здесь была найдена небольшая фауна, состоящая исключительно из аг-

глютинированных фораминифер (*Rhizammina*, *Haplophragmoides*, *Trochamminoides*). Та же группа преобладает в аптских сидеритовых глинах северного склона Кавказа (р. Убин) [20]. Кроме того здесь встречается *Cristellaria*, *Gyroidina* cf. *nitida* Reuss, *Globigerina infracretacea* Glaessner и *Anomalina complanata* Reuss. Сходные ассоциации были встречены в Баканской долине в ядре нижнемеловой семигорской антиклинали.

Фауна альбских черных глин района Ильского нефтяного месторождения и обнажений по р. Убин [21] может служить эталоном для этих отложений на Кавказе (табл. 1).

Таблица 1

Фораминиферы альбских глин Ильского района (северо-западный Кавказ)

Trochamminoides irregularis White
Gaudryina sp.
Nodosaria prismatica Reuss
nana Reuss
concinna d'Orb.
(*Dentalina*) *communis* d'Orb.
Lagena sulcata W. et J.
apiculata Reuss
Rhabdogonium excavatum Reuss
Cristellaria crepidula F. et M.
subangulata Reuss
münsteri Reuss
schloenbachi Reuss
strombecki Reuss,
incurvata Reuss
cf. *bononiensis* Berth.
diademata Berth.
nuda Reuss
grata Reuss
macrodiscus Reuss
Saracenaria sp.
Marginulina elongata
debilis Berth.
vestita Berth.
Frondicularia loryi Berth.
cf. *parkeri* Reuss
Quadrulina frondicularioides Chapman
Pseudopolymorphina sp.
Turrilina sp.
Buliminella sp.
Bifarina nov. sp.
Lamarckina cf. *nitens* (Reuss) nov. sp.
Epistomina caracolla Roem.
spinulifera Reuss
reticulata Reuss
Planutina schloenbachi Reuss

Лежащие выше сеноманские отложения были встречены по р. Убин [22] на северном склоне Кавказа и к востоку от Туапсе. В этих местах возраст слоев определяется находками макрофауны Чарноцким и Вяловым [7]. Руководящими видами этих ассоциаций являются *Globotruncana* aff. *appenninica* O. Renz, *Gümbelitria cenomana* (Keller), *Schackoina cenomana* (Schacko), *Anomalina bertheloti* Keller и др. Часто встречаются *Gyroidina nitida* Reuss, некоторые виды *Globigerina*, *Radiolaria*. Эту фауну удалось найти также в синевато-зеленоватых мергелях, перекрывающих с северо-востока семигорскую нижнемеловую антиклиналь в баканском разрезе и в темных глинах в ядре антиклинали Семигорской сопки, где, однако, наблюдается примесь альбских и, возможно, аптских видов и (в шлифах песчаников) переотложеных нижнемеловых сидеритов.

Турон в флишевой зоне западной части северного склона отсутствует (Б. М. Келлер [15], стр.628, также по собственным наблюдениям). На крайнем западе, в Анапском районе, в светлых известковистых песчаниках, окружающих темные глины ядра Семигорской сопки, была найдена фауна фораминифер туронского облика с *Globigerina cretacea* d'Orb., *Globotruncana* aff. *appenninica* O. Renz, *G. linnei* (d'Orb.) и др., но пока не удалось ее найти в стратиграфически более ясном положении.

Турон и нижний сенон на южном склоне северо-западного Кавказа представлены мощной свитой известняков и цементных мергелей, получивших в работах О. С. Вялова [6] и Б. М. Келлера [13] название свиты Маркотх. Она характеризуется массовым наличием *Globotruncana linnei* (d'Orb.), *Globigerinella aspera* (Ehrenb.), *Gümbelina globulosa* (Ehrenb.).

В Баканской долине у основания горизонта типичных цементных мергелей была найдена небольшая ассоциация фораминифер, соответствующая фауне свиты Кемчи дибрарского разреза (см. ниже).

За свитой Маркотх в Туапсинском районе следует свита Дедеркай; она представлена зелеными мергелями с прослойками известняков и известковистых песчаников (Келлер) и встречается от Туапсе до берегового разреза к югу от Анапы. На северном склоне Кавказа по возрасту и литологическому составу ей соответствует нижний и средний отделы свиты Котх. Решающим признаком фауны этих свит является богатое развитие комплекса верхнесенонских видов *Globotruncana arca* (Cushman), *G.* aff. *stuarti* (Lapp.), *Bolivina decorata* Jones, *B. decurrens* (Ehrenb.), *Reusella szajnochae* (Grzyb.), *Textularia dentata* Alth., *Eponides* aff. *trümpyi* Nutall.

Разрез сенона заканчивается свитой Агой в туапсинском и анапском разрезах и верхним отделом свиты Котх на северном склоне.

Здесь встречаются светлозеленоватые фораминиферовые мергеля, в южных разрезах также темносерые глины. К фауне предыдущих свит прибавляется очень характерная группа руководящих видов маастрихтского яруса, из которых особенное распространение имеют: *Pseudotextularia elegans* Rzehak var. *varrians* Rzehak и var. *acervulinoides* Egger, *Globotruncana contusa* (Cushman) (высокая форма), *Pleurostomella pleurostomella* Silv., *Bulimina minuta* (Marsson), *Pseudouvigerina plummerae* Cushman.

Кроме того впервые часто встречается ряд видов, переходящих в датские и палеоценовые слои, как *Nodellum velascoense* (Cushman), *Hormosina ovulum* Grzyb. и другие агглютинированные формы и *Gyroidina gracilis* (Marsson) (*«Rotalia» beccariiformis* White var.).

На границе этой толщи и вышележащей анапской свиты темносерых известковистых глин и глауконитовых песчаников происходит резкая смена фауны, главным образом, состава планктонных видов. *Globotruncana* и *Pseudotextularia* исчезают, их место занимают многочисленные *Globigerina* и мелкие *Gümbelina*. Встречается ряд форм, характеризующих отложения на границе мела и палеогена, как *Siphonodosaria jarvisi* (Cushman), *Bolivinita exigua* Glaessner, *Flabellina jarvisi* Cushman и др. Находки переотложенных верхнесенонских видов указывают на трансгрессию этой свиты над сеноном. Состав фауны и особенно смена планктона определенно говорят за датский возраст анапской свиты и ее эквивалентов, так как исчезновение *Globotruncana* и *Pseudotextularia* по всему бассейну тетиса происходит именно на верхней границе сенона. Определение возраста подтверждается по данным Б. М. Келлера ([13], стр. 626) находками соответствующей фауны в слоях с заведомо датской руководящей макрофауной.

Над анапской свитой и ее эквивалентами (свита Туха, свита Цице, эльбурганская свита) по северному склону Кавказа от Анапы до Нальчика следует песчано-глинистый неизвестковый комплекс свиты Горячего Ключа. У основания ее в анапском разрезе была найдена богатая и разнообразная мелководная фауна фораминифер палеоценового возраста; остальные же горизонты содержат глубоководную или холодноводную фауну, в которой примитивные агглютинированные формы (*Rhabdammina cylindrica* Glaessner, *Rhizammina indivisa* Brady, *Ammodiscus*, *Glomospira*, *Proteomina complanata* Franke sp., *Reophax*, *Nodellum velascoense* Cushman sp., *Haplophragmoides* и др.) или преобладают или существуют без примеси известковых форм (Glaessner [24]). Часто встречаются *Radiolaria*.

Свита Горячего Ключа на северо-западном Кавказе переходит в базальный конгломератовый «горизонт с включениями» фораминиферовой толщи. Из фауны свиты Горячего Ключа сначала исчезают те виды, которые уже встречались в верхнем мелу, затем появляются постепенно новые эоценовые виды, в частности *Globorotalia* aff. *crassula* Cushman et Stewart, *Bulimina semicostata* Nuttall, *Cibicides* sp. и др. Включения содержат фауну верхнего мела (верхнего сенона) и нижнего мела (апт-альб). Фораминиферовая свита северного Кавказа Н. Н. Субботиной [19] делится на семь фауни-

стических зон, из которых первые четыре соответствуют литологическим горизонтам (по Вассоевичу) $Ф_2$, $Ф_3$, $Ф_4$ нижнего и $Ф_5$ — среднего отдела свиты, две следующих — белоглинской свите верхних фораминиферовых слоев и последняя — зона *Variamussium fallax* Korobkov. В настоящем обзоре мы не можем останавливаться на разборе чрезвычайно богатой микрофауны этих слоев. Возраст основных зон был установлен уже в 1934 г. М. А. Глесснером, а именно: зона с *Variamussium* ($Ф_6$ с) соответствует нижнему олигоцену, белоглинский горизонт — верхнему эоцену, горизонт с *Lyrolepis* и с планктонными фораминиферами — низам верхнего эоцена (до работы Abrard [23] употреблялось название «оверзский ярус», а теперь принято выделять выше лютетского яруса только ледский и веммельский или людийский ярусы верхнего эоцена), горизонт с *Hantkenina liebusi* Shochina, $Ф_4$ («зона *Globorotalia* ex gr. *crassa*» по Н. Н. Субботиной) — среднему эоцену, горизонт с *Globorotalia aragonensis* — нижнему эоцену. Так как свита Горячего Ключа, изученная только после 1934 г., относится к палеоцену, а не к датскому возрасту, как это ошибочно предполагает Н. Н. Субботина, то возраст зоны с *Globorotalia crassata* Cushman, $Ф_2$ («зона *G*. ex. gr. *canariensis*» — по Н. Н. Субботиной) следует определить, как нижнеэоценовый. Следует отметить, что верхнеэоценовый возраст белоглинской свиты подтверждается совместными находками этой фауны с *Discocyklina* в Дагестане (р. Рубас-чай, спондыловый горизонт) и с эоценовыми *Nummulites* и *Discocyclina* в Триалетском хребте.

Лежащие выше зоны с *Variamussium fallax* хадумские отложения содержат значительное количество мелких *Globigirina* и *Gümbelina* и ряд бентонных форм (*Bolivina*, *Eponides*, *Entosolenia*, *Anomalina*, *Nonion*) в единичных экземплярах и со слабо развитой тонкостенной раковиной. Подобные ассоциации и агглютинированные формы в отдельных прослоях вышележащих горизонтов майкопской толщи еще попадаются, но настолько редко, что значения для корреляции на большое расстояние и для определения возраста не имеют. Часто встречаются *Ostracoda* и особенно переотложенные фораминиферы из сенона и из фораминиферовых слоев.

Над майкопом следует тарханский горизонт с богатой фауной. На Таманском п-ове в тарханских слоях встречаются представители *Haplophragmoides*, *Textularia*, *Sigmoilina* (3—4 вида), *Quinqueloculina* (4 вида), *Triloculina* (3 вида), *Nodosaria*, *Robulus*, *Lagena*, *Guttulina*, *Glandulina*, *Nonion*, *Bolivina* (3 вида), *Virgulina*, *Cassidulina*, *Rotalia beccarii* (L.), *Globigerina* (мелкие), *Cibicides*. [1] *Globigerina* встречаются в огромном количестве особей, *Miliolidae* и *Nonion* попадаются также очень часто. Кроме фораминифер, часто встречаются *Ophiura*, *Ostracoda*, *Spirialis*.

Эта ассоциация распространена по всему северному Кавказу без каких-либо существенных изменений. Преобладание в бентосе *Miliolidae* и *Nonion* является уже характерным признаком и всех последующих ассоциаций крымско-кавказского миоцена. В следующем, чокракском горизонте Таманского п-ова в слоистых глинах 20—30 м выше тархана встречаются наряду с многочисленными *Spirialis*, *Nonion* и *Bolivina* (тарханские виды), *Sigmoilina* и *Quinqueloculina* (новые виды). Лежащие выше неслоистые серые глины содержат богатую фауну *Miliolidae* и разные крупные *Polimorphinidae*. А. К. Богданович в неопубликованных работах указывает на широкое распространение этих фаунистических зон чокракских слоев. Следующие выше караганские слои пока микрофауны не дали, конкские же не были мною изучены. По А. К. Богдановичу они содержат более разнообразную фауну

[1] Фауна тарханских слоев содержит ряд новых видов, которые были изучены разными авторами. Эти работы не опубликованы и отчасти мне недоступны, поэтому здесь приводятся только родовые определения.

фораминифер, что говорит за приближение условий существования фауны в конкское время к нормальным морским.

Нижний и средний сармат в изученных разрезах Таманского п-ова содержат богатую характерную фауну фораминифер, главным образом многочисленные *Miliolidae*, *Nonion* и *Elphidium*, кроме того *Rotalia beccarii* (L.), мелкие *Discorbis* и *Entosolenia*. Здесь, так же как и в районах работы А. К. Богдановича, фауна по преобладанию той или другой группы распадается на два фациальных комплекса: нониопидовый и милиолидовый.

Глины меотиса Таманского п-ова содержат небольшую фауну фораминифер (*Miliolidae*, *Bolivina*, *Discorbis*). В отложениях плиоцена пока встречались наряду с многочисленными остракодами лишь *Rotalia beccarii* (L.).

2. Разрезы юго-восточного Кавказа

Разрез горы Дибрар

В серых глинах баррем-аптского возраста разрезов северного Кабристана встречается богатая фауна мелких фораминифер, в которой преобладают по количеству особей глобигерины (*Globigerina infracretacea* Glaessner), а по количеству видов — представители *Lagenidae*. Состав фауны не находится в противоречии с определением возраста как баррем-апта (нижнего апта).

Следующая выше красноцветная свита апта (фиг. 1) с *Neohibolites* характеризуется преобладанием в составе фауны видов с агглютинированной (кремнистой) раковиной, составляющих в отдельных образцах 80—100% фауны (фиг. 2).

Покрывающая аптские глины так называемая подкемчинская свита (фиг. 2) по микрофауне резко отличается от ниже- и вышележащих слоев, а также от альбских слоев северного Кавказа. Здесь встречаются первые представители *Globotruncana*(*G.* aff. *appenninica* Renz и *Schackoina cenomana* (Schacko); часто попадаются гюмбелины и глобигерины, а также ряд донных форм (*Bolivina*, *Gyroidina*). Общий состав ассоциации носит уже характер, наблюдаемый также во всех вышележащих горизонтах мела. Видовой состав определенно говорит за сеноманский возраст.

В известняковой свите Кемчи (фиг. 3) впервые появляется ряд таких верхнемеловых видов, которые доходят затем до верхней границы сенона. Среди них особенно часто встречается планктонный вид *Globotuncana linnei*. По всему разрезу свиты Кемчи и до верхов сенона встречаются переотложенные обломки нижнемеловых пород и орбитолин (апт-альб). Количество верхнемеловых видов постепенно возрастает; некоторые виды низов кемчинской свиты известны из верхнего турона, виды же верхней части свиты — из эмшера Западной Европы.

Фауна вышележащей красноцветной дибрарской свиты (фиг. 4) определенно относится к сенону. Примерно в 120 м над нижней границей этой свиты в разрезе горы Дибрар ряд видов из нижележащих слоев исчезает и на месте их появляется ряд верхнесенонских (кампанских) форм (фиг. 5). Это та смена фауны, которая на северо-западном Кавказе намечается на верхней границе цементных мергелей турон-нижнесенонского возраста.

На ряду с *Globotruncana linnei* все чаще встречается *G. arca* (Cushman). Постепенно красноцветная свита переходит в серовато-зеленую, в верхах которой встречается на вершине горы Дибрар орбитоидовый горизонт с богатой фауной крупных фораминифер (*Siderolites vidali* Douv., *Arnaudiella grossouvrei* Douv., *Lepidorbitoides minor* Schlumb. sp., *Orbitoides apiculata* (Schlumb.) (Glaessner [25]).

ОБЪЯСНЕНИЕ К ФИГУРАМ

Фиг. 1.

1 — *Rhizammina indivisa* Brady, 2 — *Hyperamminoides* n. sp., 3 — *Ammodiscus gaultinus* Berth., 4 — *Glomospira* cf. *gordialis* (Park. et Jones), 5 — *Trochamminoides irregularis* (White), 6 — *Haplophragmoides umbilicata* Dain, 7 — *Trochammina* sp., 8 — *Textularia* sp., 9 — *Gyroidina* cf. *nonionina* (Reuss).

Фиг. 2.

1 — *Hyperamminoides* n. sp., 2 — *Ammodiscus incertus* (d Orb.), 3 — *Haplophragmoides* sp., 4 — *Gaudryina filiformis* Berth., 5 — *Gyroidina nitida* Reuss, 6 — *Globigerina* sp., 7 — *Schackoina cenomana* (Schacko), 8 — *Gümbelitria cenomana* (Keller), 9 — *Globotruncana aff. appenninica* O. Renz, 10 — *Anomalina* sp., 11 — *Cibicides lobatula* (W. et J.), 12 — *Planulina schloenbachi* (Reuss).

Фиг. 3.

1 — *Nodosaria* sp., 2 — *Bulimina reussi* Morr., 3 — *Reussella cushmani* Brotzen, 4 — *Eouvigerina cretacea* (Heron-Allen et Earland), 5 — *Allomorphina minuta* Cushman, 6 — *Globigerina cretacea* d'Orb., 7 — *Schackoina multispinata* (Cushm. et Wickenden), 8 — *Gümbelina globulosa* (Ehrenb.), 9 — *Pseudotextularia* cf. *elegans* Rzehak, 10 — *Globotruncana linnei* (d Orb.).

Фиг. 4.

1 — *Ramulina aculeata* Wright, 2 — *Nonionella extensa* Brotzen, 3 — *Bulimina reussi* Morr., 4 — *Eouvigerina cretacea* (Heron-Allen et Earland), 5 — *Ellipsoidella solida* (Brotzen), 6 — *Valvulineria allomorphinoides* (Reuss), 7 — *Stensjöina exsculpta* (Reuss), 8 — *Globigerina cretacea* d'Orb., 9 — *Globigerina* sp., 10 — *Schackoina multispinata* (Cushman et Wickenden), 11 — *Gümbelina globulosa* (Ehrenb.), 12 — *Globotruncana linnei* (d'Orb.), 13 — *Cibicides* sp., 14 — *Orbulinaria*.

Фиг. 5.

1 — *Textularia excolata* Cushman, 2 — *Textularia semicomplanata* Carsey, 3 — *Bolivinita complanata* Cushman, 4 — *Bulimina reussi* Morr., 5 — *Reussella szajnochae* (Grzyb.), 6 — *Stensjöina exsculpta* (Reuss), 7 — *Globigerina aspera* (Ehrenb.), 8 — *Schackoina multispinata* (Cushman et Wickenden), 9 — *Gümbelina globulosa* (Ehrenb.), 10 — *Pseudotextularia* cf. *elegans* Rzehak, 11 — *Globotruncana arca* (Cushman).

Фиг. 6.

1 — *Globotruncana arca* (Cushman), 2 — *Globigerina* n. sp., 3 — *Globigerinella aspera* (Ehrenb.), 4 — *Gümbelina globulosa* (Ehrenb.), 5 — *Schackoina multispinata* (Cushman et Wickenden), 6 — *Anomalina* cf. *ammonoides* Reuss, 7 — *Eponides* sp., 8 — *Gyroidina* cf., *micheliniana* d'Orb., 9 — *Eouvigerina* cf. *gracilis* Cushman, 10 — *Pseudouvigerina* sp., 11 — *Buliminella* sp., 12 — *Lagena sulcata* W. et J.

Фиг. 7.

1 — *Pseudotextularia elegans* Rzehak var. *acervulinoides* Egger, 2 — *Globotruncana arca* (Cushman), 3 — *Textularia dentata* Altp., 4 — *Textularia excolata* Cushman, 5 — *Gümbelina striata* (Ehrenb.), 6 — *Gümbelina globulosa* (Ehrenb.), 7 — *Globigerina* cf. *bulloides* d'Orb., 8 — *Globigerinella aspera* (Ehrenb.), 9 — *Pseudouvigerina* sp., 10 — *Eouvigerina gracilis* Cushman, 11 — *Pulvinulinella* sp., 12 — *Cibicides* sp.

Фиг. 8.

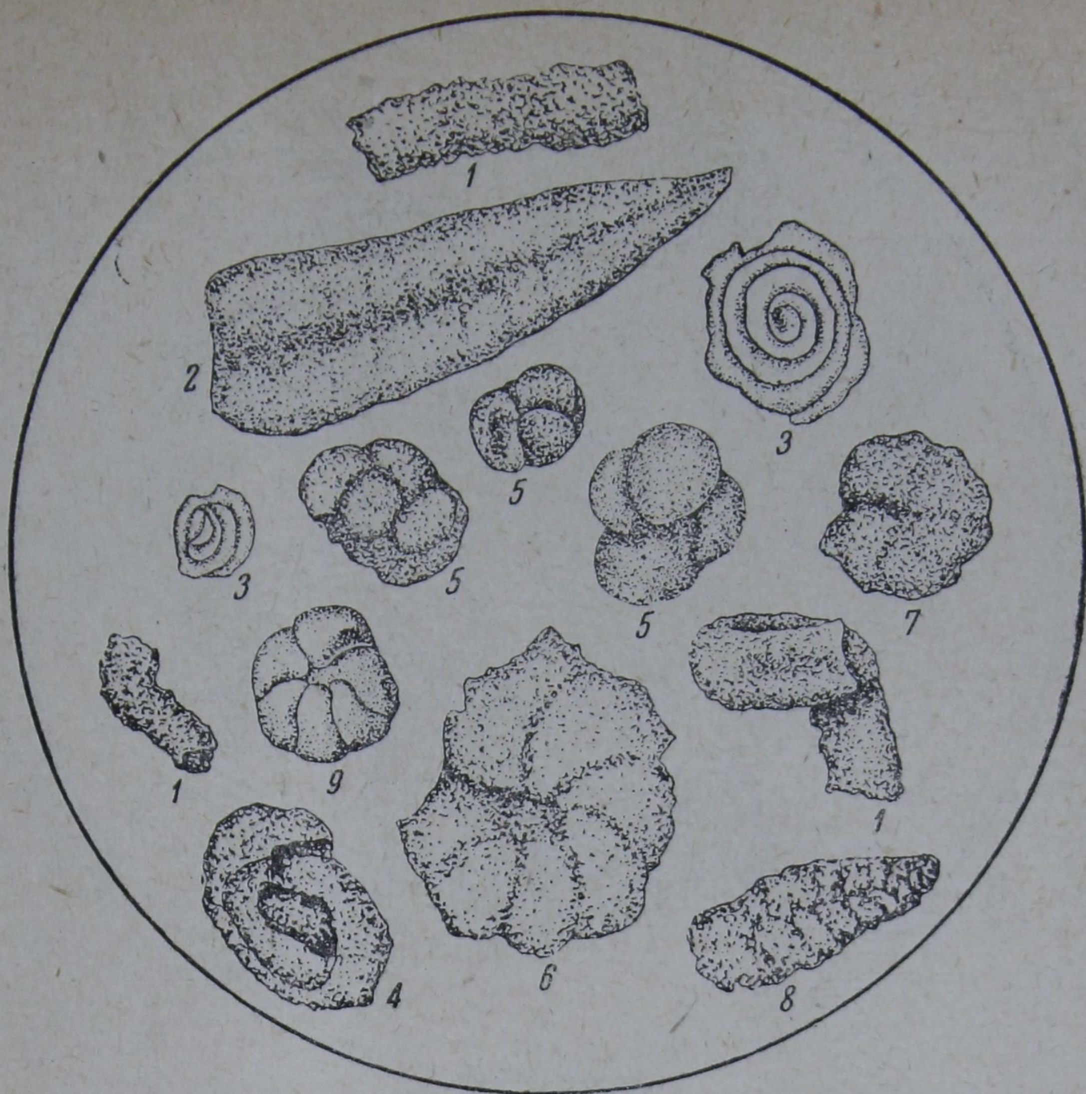
1 — *Rhizammina* sp., 2 — *Haplophragmoides eggeri* Cushman, 3 — *Textularia excolata* Cushman, 4 — *Spiroplectammina spectabilis* (Grzybowski), 5 — *Lagena apiculata* Reuss, 6 — *Nodosaria* (*Dentalina*) *megalopolitana* Reuss, 7 — *Nodosaria hispida* Reuss, 8 — *Robulus* sp., 9 — *Nonionella* cf. *cretacea* Cushman, 10 — *Bulimina reussi* Morr., 11 — *Bolivinata exigua* Glaessner, 12 — *Gyroidina umbilicata* d'Orb., 13 — *Valvulineria allomorphinoides* (Reuss), 14 — *Eponides* aff. *trümpyi* Nuttall, 15 — *Globigerina* cf. *bulloides* d'Orb., 16 — *Globigerina pseudobulloides* Plummer, 17 — *Gümbelina globulosa* (Ehrenb.), 18 — *Pseudotextularia elegans* Rzehak var. *varians* Rzehak, 19 — *Globotruncana arca* (Cushman), 20 — *Anomalina* sp., 21 — *Cibicides* sp., 22 — *Orbulinaria*.

Фиг. 9.

1 — *Gümbelina crinita* Glaessner, 2 — *Globigerina compressa* Plummer, 3 — *Globigerina bulloides* d'Orb., 4 — *Robulus* sp., 5 — *Nonionella* cf. *cretacea* d'Orb., 6 — *Bolivina* sp., 7 — *Lagena globosa* Montf., 8 — *Eponides* aff. *trümpyi* Nuttall, 9 — *Valvulineria* sp.

Фиг. 10.

1 — *Haplophragmoides* sp., 2 — *Rhabdammina cylindrica* Glaessner, 3 — *Rhizammina indivisa* Brady, 4 — *Glomospiracharoides* (Parker et Jones), 5 — *Glomospira irregularis* (Grzyb.), 6 — *Trochamminoides irregularis* (White).



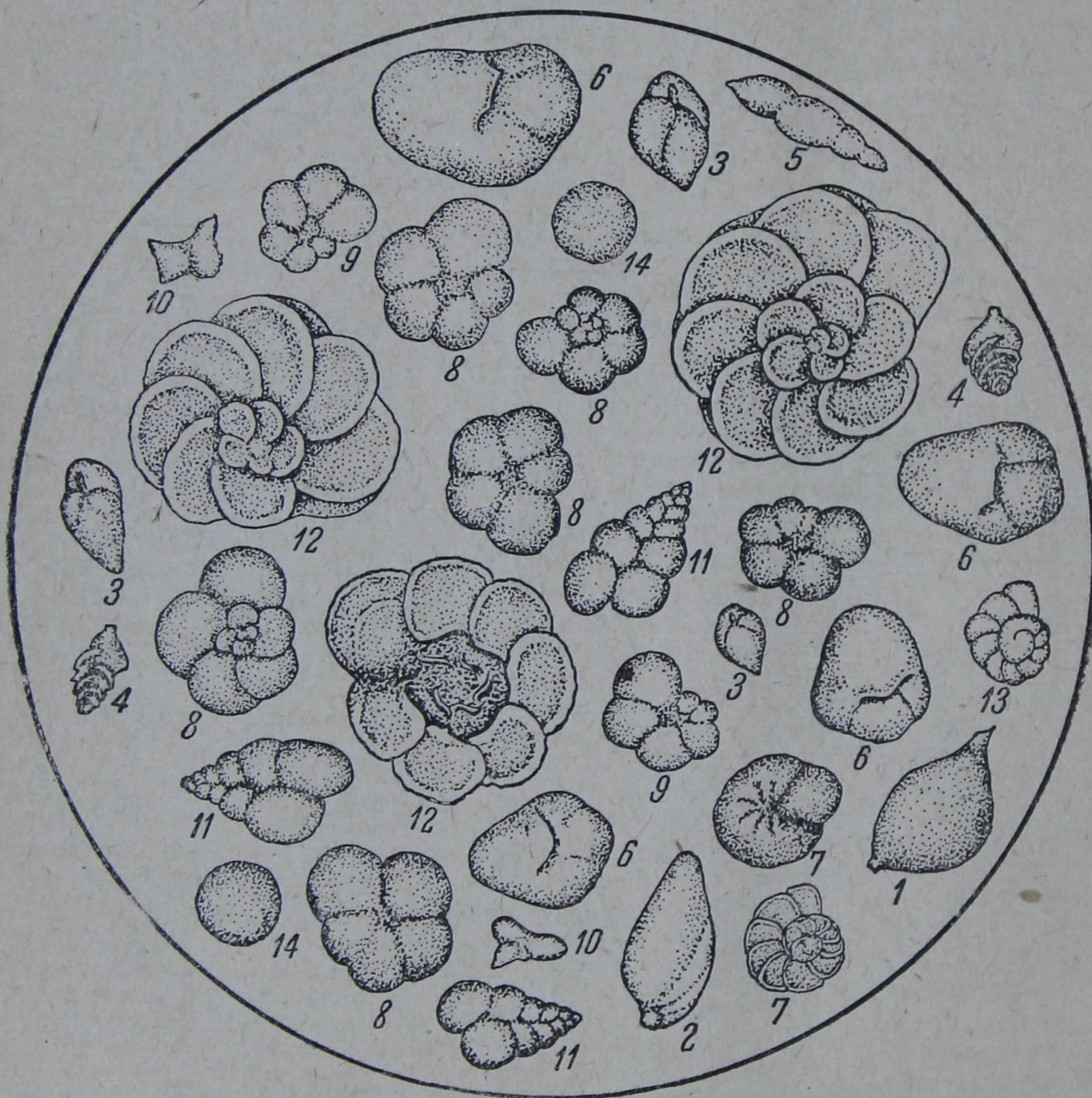
Фиг. 1



Фиг. 2


6
3
6
2
8
4
10
10
7
8
6
5
6
8
10
9
2
1

Фиг. 3


6
3
5
9
14
10
8
8
4
12
12
8
3
11
6
8
4
3
13
8
9
12
11
6
7
1
6
14
10
7
8
11
2

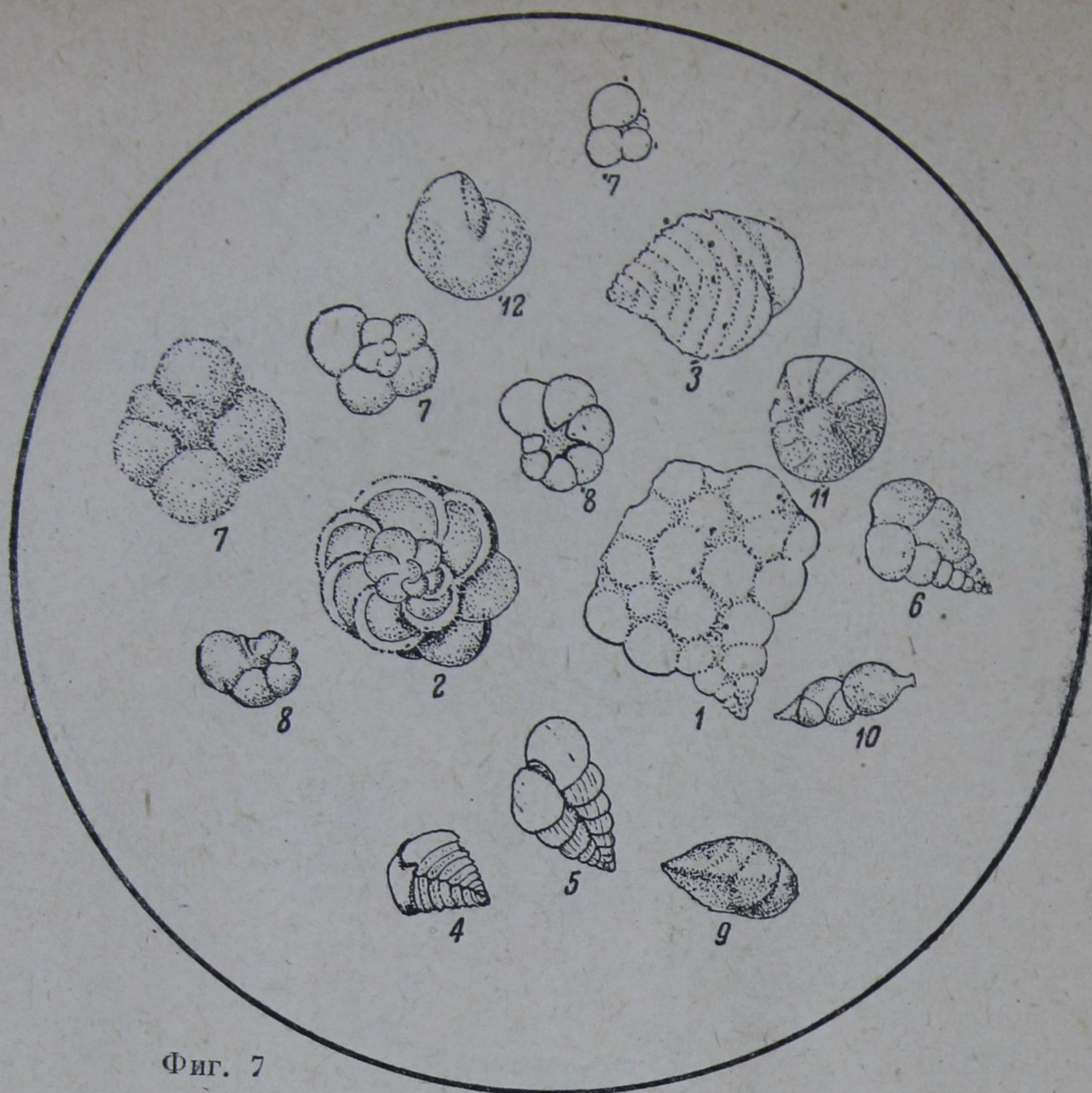
Фиг. 4


9
9
11
9
2
8
9
10
9
9
3
4
8
11
7
8
1
7
3
9
5
7
6
9
11
11

Фиг. 5


2
10
3
5
12
3
6
1
11
9
10
7
8
8
9
6
2
4

Фиг. 6



Фиг. 7

Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

Разрез юнусдагской гряды

На вершине горы Юнусдаг акад. И. М. Губкин [11] нашел в ядре антиклинальной складки те «орбитоидовые слои», которые по К. А. Богдановичу [1] слагают синклинальную вершину горы Дибрар. Естественно поэтому продолжать описание разреза северного Кабристана и северо-западного Апшерона разрезом юнусдагской складки. Фауна крупных фораминифер горы Юнусдаг (по образцу из прослоя микроконгломерата, проходящего 250 м к юго-востоку от вершины) очень сходна с фауной вершины горы Дибрар. Здесь были найдены *Lepidorbitoides minor* (Schlumb.), *Orbitoides apiculata* Schlumb., *O.* cf. *media* d'Arch. Вместо *Siderolites vidali* здесь встречается очень часто *S. calcitrapoides* Lam. Зеленовато-серые глины той же свиты содержат богатую фауну мелких фораминифер, незначительно отличающуюся от ассоциации верхней части нижележащей (в дибрарском разрезе) красноцветной толщи (*Globotruncana contusa*, *Globotruncana* aff. *rosetta*, фиг. 6).

Таблица 2

Фауна фораминифер юнусдагской и верхнедибрарской (орбитоидовой) свит юнусдагской гряды

(× — редко; ×× — часто)

	Юнусдагская свита	Верхнедибрарская свита
Rhabdammina sp.		×
Nodosaria sp.	×	×
Lagena sp.	×	×
Nonionella cf. *cretacea* Cushm.	×	×
Eouvigerina cretacea (H.-A. et E.)	×	×
cf. *gracilis* Cushm.	×	×
Pseudouvigerina cristata (Marsson)	×	×
Bulimina minuta (Marsson)		×
reussi Morrow	××	××
Buliminella n. sp.	×	×
Reussella cushmani Brotzen		×
Loxostomum cf. *applinae* Plummer		×
Bolivina decorata Jones	×	×
Pleurostomella subnodosa Reuss	×	×
Eponides exigua (Brady) var. *obtusa* B. et H.		×
sp. sp.	××	×
Gyroidina micheliniana d'Orb.		×
umbilicata d'Orb.	×	×
minuta White	×	×
Valvulineria allomorphinoides (Reuss)	××	×
Allomorphina cf. *minuta* Cushm.	×	××
Pullenia quaternaria Reuss	×	×
Globigerina bulloides d'Orb.	×	×
cretacea d'Orb.	×	×
n. sp.	×	××
Globigerinella aspera (Ehrenb.)	××	××
Schackoina multispinata (Cushm. et Wickend.)	×	×
Gümbelina globulosa (Ehrenb.)	×	××
striata (Ehrenb.)	××	××
Gümbelitria turrita (Ehrenb.)	××	××
Pseudotextularia eggeri (Cushm.)	×	××
elegans Rz.	×	×
elegans Rz. var. *acervulinoides* E.	××	×
Globotruncana arca (Cushm.)	××	××
aff. rossetta Carsey	×	×
aff. stuarti (Lapp.)	×	×
linnei (d'Orb.)	×	×
Anomalina cf. *ammonoides* Reuss	×	×
Cibicides cf. *beaumontiana* d'Orb.		×

Выше орбитоидовых слоев на северо-восточном крыле юнусдагской складки следует новый горизонт красных, буроватых и зеленых глин, названный акад. И. М. Губкиным юнусдагской свитой (фиг. 7 и 8). Фауна здесь довольно резко отличается от ассоциации фораминифер дибрарских красных мергелей. Она содержит ряд характерных видов самых верхов сенона, маастрихтского яруса, в том числе *Pseudotextularia elegans* Rz. var. *varians* Rz. Появляется значительная примесь агглютинированных форм.

Таблица 3

Фораминиферы, найденные в разрезе юнусдагской гряды не ниже юнусдагской свиты

Rhabdammina sp.
Glomospira charoides (Jones et Park.)
Hormosina ovulum Grzyb.
Trochamminoides irregularis White
Haplophragmoides eggeri Cushm.
Bolivinopsis cf. *spectabills* (Grzyb.)
Bolivinita exigua Glaessner
Siphonodosaria arvisi Cushm.
Bolivina cf. *incrassata* Reuss
Chilostomella sp.
Gümbelina crinita Glaessner
Pseudotextularia elegans Rz. var. *varians* Rz.
Globigerina n. sp. aff. *abnormis* Hantken

Ильхидагская свита (фиг. 9) горы Ильхидаг и юнусдагской гряды по микрофауне еще более резко отличается от предыдущих свит. Здесь отсутствуют сенонские формы, такие как *Globotruncana* и *Pseudotextularia* и сопутствующая им ассоциация, а преобладают мелкие глобигерины и гюмбелины. Ильхидагская свита по фауне относится к датскому ярусу. В шлифах видны перемытые окатанные обломки пород орбитоидовой свиты, что объясняет единичные находки орбитоид в ильхидаге, на которые указывает акад. И. М. Губкин.

Таблица 4

Фораминиферы ильхидагской свиты горы Ильхи-даги юнусдагской гряды

Glomospira charoides (Park. et Jones)
Trochamminoides irregularis White
Textularia plummerae Labicker
Robulus sp.
Nonionella cf. *cretacea* Cushm.
Bolivinita exigua Glaessner
Bulimina minuta (Marsson)
    brevis Franke (d'Orb.)
Bolivina sp.
Eouvigerina sp.
Eponides aff. *trümpyi* Nuttall
Valvulineria allomorphinoides (Reu
Discorbis sp.
Chilostomella sp.
Globigerina bulloides d'Orb.
    pseudobulloides Plummer
    triloculinoides Plummer
    compressa Plummer
    n. sp. aff. *abnormis* (Hantken)
Globigerinella aspera (Ehrenb.)
Gümbelina crinita Glaessner
Gümbelitria turrita (Ehrenb.)
Cibicides sp.

Мы не можем присоединиться к предложению некоторых кабристанских геологов, которые объединяют орбитоидовый слой и все вышележащие горизонты до основания сумгаита под названием «ильхидагской свиты», включающей кампан, маастрихт и датский ярус, и делят ее на «верхнюю» и «нижнюю» части. Как раз ильхидагская свита в том объеме, который ей дал И. М. Губкин, по микрофауне резко отличается от нижележащих толщ.

Нижнесумгаитские слои характеризуются богатой и разнообразной фауной фораминифер, среди которых преобладают *Globigerina pseudobulloides* Plummer и др. Ряд третичных видов и множество агглютинированных форм, заполняющих отдельные прослои, отличают сумгаитскую ассоциацию от ильхидагской.

В низах сумгаитской свиты часто встречаются переотложенные фораминиферы верхнего мела. Их можно легко узнать по сохранности. Все нижележащие горизонты до нижней границы кемчинской свиты содержат только псевдоморфозы из кальцита, а в сумгаитских слоях сохранились раковины известковых фораминифер.

Верхнесумгаитская толща красных глин (фиг. 10) содержит одни только агглютинированные виды и в этих своеобразных фациальных условиях напоминает красные глины апта, от которых, однако, сумгаит отличается видовым составом фауны. Сумгаитские слои по фауне сопоставляются со свитой Горячего Ключа северного Кавказа и относятся к палеоцену. Не исключена возможность, что они охватывают еще часть нижнего эоцена.

Ассоциация микрофауны нижнего отдела коунской свиты отличается от сумгаитской наличием многочисленных радиолярий и характерных видов фораминифер нижних фораминиферовых слоев северного Кавказа, например *Globorotalia aragonensis*, *G. crassula* и др. Но фауна коунских слоев более бедна, что пока не дает возможности установить в ней все три зоны нижних фораминиферовых слоев. Здесь представлен средний и нижний эоцен (часть нижнего).

Средний коун, повидимому, содержит только переотложенную фауну из нижнего коуна, сумгаита, ильхидага и, возможно, юнусдага.

Верхний коун также содержит много переотложенных верхнемеловых и сумгаитских фораминифер, особенно в нижней части свиты, где преобладают красные прослои. Кроме того отдельные прослои содержат богатейшую фауну, соответствующую ассоциации из белоглинской свиты верхних фораминиферовых слоев северного Кавказа (верхний эоцен). В районе грязевых вулканов Набур (северный Кабристан) в «нижнем майкопе» над верхнекоунскими глинами была найдена богатая микрофауна вышележащей зоны с *Variamussium fallax* нижнего олигоцена. Этим заканчиватся изученная часть разреза, так как майкопские слои крайне бедны микрофауной и в вышележащих верхнетретичных слоях она встречается in situ лишь в отдельных горизонтах и в обедненном составе.

Разрезы у сел. Аг-дар и Амиз-дар (северный Кабристан)

В качестве связывающего звена между апшеронским и дибрарским разрезами следует указать на разрезы верхов мела и палеогена по рр. Дудар и Чикил-чай. В 1933 г. (М. А. Глесснер, 1934; также в годовом отчете НГРИ за 1933 г.) было установлено, что зеленовато-серые глины так называемой ильхидагской свиты у сел. Аг-дара и часть красных и зеленых глин «промежуточной толщи между ильхидагом и сумгаитом», по фауне фораминифер, несомненно, относятся к верхнему сенону. Теперь, после изучения фауны основных разрезов, становится ясным, что этот верхний сенон не соответствует описанной ильхидагской свите, а «орбитоидовой» (зеленовато-серые глины) и юнусдагской (красно-зеленые глины), которая трансгрессивно покрывается верхним отделом сумгаита. Таким образом, доказано наличие юнусдагской свиты над «орбитоидовой» в Кабристане. На трансгрессивное залегание сумгаита в этом районе указывает также З. А. Мишунина [18]. Фауна третичных отложений (нижний сумгаит амиздарского разреза, верхний сумгаит, нижний коун, верхний коун разреза Аг-дара) совпадает с упомянутой выше ассоциацией фораминифер из соответствующих горизонтов основных разрезов.

Сопоставление разрезов северо-западного Апшерона и северного Кабристана

Установление наличия богатой фауны фораминифер во всех изучаемых толщах дает нам возможность по-новому подойти к вопросу составления сводного разреза меловых и третичных отложений юго-восточного Кавказа и определения возраста слоев, считавшихся до последнего времени почти лишенными ископаемых.

Таблица 5

Фораминиферы так называемого «ильхидага» района сел. Аг-дар (верхнедибрарская и юнусдагская свиты)

(× — часто, ×× — редко)

	Верхне-дибрарская свита	Юнусдаг-ская свита
Rhabdammina	×	×
Ammodiscus incertus (d'Orb.)	×	
Glomospira charoides (Jones et Park.)	×	×
Hormosina ovulum Grzyb.	×	×
Nodellum velascoense (Cushm.)		×
Trochamminoides irregularis White		×
Haplophragmoides eggeri Cushm.	×	×
Textularia dentata Alth.		×
excolata Cushm	×	×
Nodosaria velascoensis Cushm.		×
cf. *concinna* d'Orb.	×	
filiformis Reuss		×
Dentalina legumen Reuss	×	
Nonionella cf. *cretacea* Cushm.	××	
Eouvigerina cretacea (H.-A. et E.)	×	
Pseudouvigerina sp.		×
Bolivina incrassata Reuss	×	×
Buliminella sp.		×
Gyroidina nitida Reuss		×
umbilicata d'Orb.	×	×
depressa Alth.	×	×
Valvulineria allomorphinoides (Reuss)	×	×
Eponides exigua (Brady) var. *obtusa* B. et H.		×
Pullenia quinqueloba Reuss	×	×
Pulvinulinella alata Marsson	×	
Chilostomella sp.	×	×
Allomorphina cretacea Reuss		×
Allomorphina cf. *minuta* Cushm.	×	
Globigerina triloculinoides Plummer	×	
cretacea d'Orb.	×	×
cf. *lacera* (Ehrenb.)		×
Globigerinella aspera (Ehrenb.)	×	×
Schackoina multispinata (Cushm. et Wickend.)	×	
Gümbelina globulosa (Ehrenb.)	××	×
striata (Ehrenb.)	××	×
excolata Cushm.		×
tessera Ehrenb.	×	
Pseudotextularia elegans var. *varians* Rzehak		×
elegans var. *acervulinoides* Egger		×
Gümbelitria turrita (Ehrenb.)	×	×
Globotruncana arca (Cushm.)	×	××
cf. *conica* White		×
Globorotalia membranacea (Ehrenb.)		×
Anomalina cf. *ammonoides* Reuss		×

Разрез третичных и меловых отложений Азербайджана по степени изученности распадается на две части. Плиоцен хорошо изучен благодаря наличию большого количества руководящих ископаемых, главным образом, из моллюсков. Верхний миоцен представлен фациально однообразными отложениями диатомовых и спириалисовых слоев. Нижний миоцен и большая часть олигоцена везде представлены майкопскими слоями. В диатомовых и майкопских слоях Азербайджана фораминифер найти пока не удалось. В этой верхней части разреза микропалеонтологические работы мало что могут изменить в существующей стратиграфической схеме.

Иначе обстоит дело с нижним палеогеном и мелом, которые развиты в флишевой фации. До сих пор нет ясности в последовательности горизонтов, составляющих эту часть разреза, в их точном возрасте и в сопоставлении разрезов разных районов Азербайджана. Для того, чтобы правильно применять микропалеонтологические данные к разрешению этих вопросов, необходимо коротко остановиться на их истории.

В 1906 г. К. И. Богданович [1], изучая (в виде первого обзорного исследования) юго-восточный Кавказ, описал разрез меловых отложений. Он делит их на следующие горизонты:

1. Орбитоидовые слои.
   1c. Тонкослоистые мергелистые глины и плотные мергели белого, светлосерого и зеленоватого цвета с фукоидами и иероглифами.
   1b. Красноцветные мергелистые глины и белые мергели с фукоидами.
   1a. Темносерые сланцеватые мергелистые глины с тонкими фукоидами и прослоями плотного известковистого песчаника или брекчиевидного известняка, часто зеленоватого цвета.
2. Актинокамаксовый горизонт.
3. Теребратулиновые слои.
4. Горизонт с филоцерас.

Говоря об орбитоидовых слоях, К. И. Богданович пишет: «Породы вершины Дибрара послужили исходным материалом для сравнения с ним других однородных образований» (l. cit., стр. 5); таким образом, типичные орбитоидовые слои развиты на вершине Дибрара. Деление орбитоидовых слоев «нужно понимать скорее как фациальное, чем хронологическое», потому что наблюдаются «переходы в горизонтальном направлении друг в друга слоев b и c». Возраст орбитоидовых слоев К. И. Богданович определяет как верхнесенонский (l. cit., стр. 25), но находки в шлифах пород этой свиты «нуммулитов» вызывают у него некоторые сомнения (в самом деле, фораминиферы, причисляемые к нуммулитам, принадлежат к другим группам).

«Актинокамаксовый» горизонт он относит к границе турона и сенона. Уже в 1908 г. Stolley на основании пересмотра белемнитов установил, что отсутствует род *Actinocamax* и что белемниты относятся к видам, характеризующим аптский отдел нижнего мела. В 1916 г. И. М. Губкин подробно описал разрез на перекюшкюльском планшете северо-восточного Апшерона в 70 км к юго-западу от горы Дибрар. Он выделяет в палеогене (сверху вниз) майкопскую, коунскую, сумгаитскую, ильхидагскую и юнусдагскую красноцветные свиты и орбитоидовые слои верхнего мела. Эти последние он сопоставляет с орбитоидовыми слоями вершины горы Дибрар, по описанию К. И. Богдановича. В 1931 г. Н. С. Шатский (годовой отчет НГРИ за 1930 г.), описывая дибрарский разрез, сопоставил слои вершины горы Дибрар не с орбитоидовыми, а с ильхидагскими слоями юнусдагского разреза, а нижележащие красноцветные слои горы Дибрар — с юнусдагской свитой. Эти сопоставления оказались неверными. В 1931 г. М. Ф. Мирчинк [14], принимая сопоставление, предложенное Н. С. Шатским, дает следующую новую схему стратиграфии палеогеновых и меловых отложений юго-восточного Кавказа:

Верхний ильхидаг — датский ярус, маастрихтский ярус
Нижний ильхидаг — кампанский ярус (с *Bela mucronata* и орбитоидами)
Юнусдагская свита — сантонский ярус с *Inoceramus*
Свита кемчи — коньякский ярус (с *Inoceramus subquadratus* и орбитоидами)
Кемишдагская свита — сеноман
Кюлюлинская свита — турон

М. Ф. Мирчинк, повидимому, приходит к тому же выводу, как Шатский, относительно того, что орбитоидовые слои вершины Дибрара соответствуют ильхидагским слоям И. М. Губкина. Он считает, что И. М. Губкин неправильно сопоставил орбитоидовые слои юнусдагской гряды с орбитоидовыми

слоями вершины горы Дибрэр и относит поэтому первые к «свите кемчи» (гора Кемчи на соседнем с перекюшкюльским планшете). М. Ф. Мирчинк [15] нашел в «свите кемчи» *Inoceramus subquadratus* — форму, известную из эмшера, а в горизонте, который он относит к нижнему ильхидагу, — изредка *Belemnitella*, наиболее близкую к *Mucronata* (кампан) (l. cit., стр. 12). Он считает возможным сомневаться в стратиграфической ценности орбитоидов и относит слои с маастрихтскими видами этих фораминифер к эмшеру. На этой же точке зрения М. Ф. Мирчинк стоит и в следующих своих работах (1933, 1935 гг.); он только незначительно омоложает возраст (кемчи — эмшер — нижний сантон, юнусдаг — сантон — нижний кампан, ильхидаг — верхний кампан — маастрихт — датский ярус). По-другому сопоставляют разрезы Н. Б. Вассоевич [3, 4] и З. А. Мишунина [16, 17], которые считают, что в юнусдагской структуре орбитоидовые слои лежат не под юнусдагскими слоями, а над ними, и что их можно рассматривать как нижний ильхидаг. Против такого толкования категорически высказывается М. Ф. Мирчинк, утверждающий, что ему удалось проследить описанную И. М. Губкиным структуру на большое протяжение именно в том виде и с той же последовательностью слоев, с которыми она была описана И. М. Губкиным. Нижняя часть мелового разреза также изменена З. А. Мишуниной: кемчи—верхний турон — эмшер (*Inoceramus lamarcki*; *I. subquadratus*)—кемишдагская и кюлюлинская свиты: верхний альб (на основании находки *Neohibolites stylioides* Renng.).

Других руководящих видов, повидимому, не найдено.

По З. А. Мишуниной датский ярус представлен не верхним ильхидагом, а нижним сумгаитом. Она отмечает (1935 г.), что «ильхидагская свита И. М. Губкина обнимает собой лишь верхний отдел ильхидага в понятии большинства геологов, работавших в Кабристане».

И. М. Губкин (1934 г.) не согласен с расширением понятия «ильхидагской свиты». Он вновь подтверждает, что описанная им юнусдагская красноцветная толща лежит не под, а над орбитоидовыми слоями, и вводит для слоев, подстилающих орбитоидовые слои дибрарского разреза, название дибрарской красноцветной толщи.

Резюмируя сказанное, отметим следующие точки зрения на последовательность слоев (под сумгаитом) интересующей нас области (одной звездочкой обозначены слои вершины Дибрара, двумя — орбитоидовые слои юнусдагской гряды):

1. И. М. Губкин

Ильхидаг
Юнусдагская красноцветная толща
*** Орбитоидовые слои (маастрихт)
Дибрарская красноцветная толща
Кемчи
Подкемчи
Апт

2. М. Ф. Мирчинк

* Ильхидаг — кампан — маастрихт — датский ярус
Юнусдаг — сантон — кампан
** Кемчи — коньяк
Подкемчи — сеноман
Турон
Апт

3. З. А. Мишунина — Н. Б. Вассоевич

*** Ильхидаг — кампан — маастрихт
Юнусдаг — сантон — кампан
Кемчи — коньяк — турон верхний
Подкемчи — альб верхний
Апт

Хотя предлагаемая бакинскими авторами схема (верхний ильхидаг, нижний ильхидаг с орбитоидами, юнусдаг, кемчи) уже широко применяется для картировочных работ в Кабристане, все же она должна быть пересмотрена, так как не соответствует ни фактам, ни правилам стратиграфической номенклатуры.

Нашими исследованиями по микрофауне разреза меловых отложений Кавказа выяснено, что между ильхидагскими слоями в первоначальном объеме и верхнесенонским горизонтом с орбитоидами лежит (в разрезе северо-восточного крыла юнусдагской складки и у сел. Аг-дар) еще один горизонт с богатой и характерной микрофауной маастрихтского возраста. Этот горизонт нельзя рассматривать как местный («розовый прослой в ильхидаге» Н. Б. Вассоевича) уже потому, что его по фауне удалось проследить по всем основным разрезам южного и северного склонов Кавказа от Апшеронского п-ова до Анапы. И. М. Губкин [11] горизонту красных, бурых и серых глин и песчаников, лежащему между ильхидагом и орбитоидовыми слоями, дал название юнусдагской свиты, причем он указал на выходы этих слоев в указанном положении именно на северо-восточном крыле юнусдагской складки. Поэтому и типичное местонахождение и стратиграфическое положение и литологические, а теперь и фаунистические характерные черты этого горизонта ясно установлены.

Попытки перенесения названия юнусдагской свиты на слои, занимающие иное стратиграфическое положение, основаны на следующем. И. М. Губкин [11] указывает еще на обнажения красных и зеленых глин, заполняющих вторичную синклиналь, разделяющую свод юнусдагской складки на две полосы, состоящие из орбитоидовых слоев. З. А. Мишунина и Н. Б. Вассоевич считают, что здесь мы имеем дело не с синклиналью, а с ядром простой антиклинальной складки и что, следовательно, эти красные слои древнее орбитоидовых. Допустим даже, что это так, и все же мы не имеем права назвать их юнусдагской свитой, несмотря на то, что И. М. Губкин включил их в эту стратиграфическую единицу, и что они лучше обнажаются. По И. М. Губкину, юнусдагские слои лежат между орбитоидовыми и ильхидагскими слоями. Установлено, что там, где это можно наблюдать, именно на северо-восточном крыле складки, такая свита действительно существует и что она достаточно охарактеризована для того, чтобы ее отличать особым названием. Поэтому название юнусдагской свиты бесспорно нужно сохранять для маастрихтских слоев, лежащих между орбитоидовым горизонтом и датскими слоями ильхидага. Задача состоит в том, чтобы установить их распространение с помощью микропалеонтологических исследований. Интерпретация разреза у сел. Аг-дар (стр. 80) показывает, что это возможно и даже необходимо. Но вернемся к вопросу о строении юнусдагской складки.

Изучение ряда образцов из красноцветной толщи средней полосы юнусдагской гряды (юго-западный склон горы Юнус-даг) дало 43 вида и сравнение их с фауной юнусдагских слоев нормального разреза северо-восточного склона показало, что все эти виды встречаются или в них, или в лежащих выше слоях. Характерных форм дибрарской красноцветной толщи в указанной полосе нет. Эти микропалеонтологические данные подтверждают мнение И. М. Губкина о строении юнусдагской складки.

Для того, чтобы заменить, как это принято, палеонтологическое название «орбитоидовых слоев» географическим, целесообразно называть красноцветные сантон-нижнекампанские слои нижней дибрарской свитой, а лежащую выше (с постепенным переходом) зеленовато-серую верхнего кампана— верхней дибрарской свитой, в верхах которой встречается горизонт микроконгломератов с орбитоидами (граница с маастрихтом).

Таблица 6

Сопоставление разрезов юго-восточного и северо-западного Кавказа по микрофаунистическим зонам

Возраст		Юго-восточный Кавказ			Северо-западный Кавказ			
		Зоны	Свиты		Зоны	Свиты		
Неоген	Нижний миоцен	XVI	Майкоп		XVI	Майкоп		Фораминиферовая толща
Палеоген	Олигоцен	XVI	Эквиваленты горизонта с *Variamussium fallax*		XVI	Горизонт с *Variamussium fallax*		Фораминиферовая толща
Палеоген		XV	Верхний коун		XV	Горизонт крупных *Globigerina* (белые глины)		Фораминиферовая толща
Палеоген		XIV	Средний коун		XIV	Горизонт с *Lyrolepis caucasica*		Фораминиферовая толща
Палеоген	Средний эоцен	XI—XIII	Нижний коун		XIII	Горизонт с *Hantkenina liebusi*		Фораминиферовая толща
Палеоген		XI—XIII	Нижний коун		XII	Горизонт с *Globorotalia aragonensis*		Фораминиферовая толща
Палеоген	Нижний эоцен	XI—XIII	Нижний коун		XI	Горизонт с *Globorotalia crassata*		Фораминиферовая толща
Палеоген	Палеоцен	X	Сумгаит		X	Свита Горячего Ключа		Фораминиферовая толща
Датский ярус		IX	Ильхидаг	Так наз. «ильхидаг»	IX	Анапская — Тухинская и Эльбурганская свиты		
Сенон	Маастрихт	VIII	Юнусдаг	Так наз. «ильхидаг»	VIII	Свита агой	Меловой флиш	Свита кохт
Сенон	Кампан	VII	Орбитоидн. горизонт; Верхняя дибрарская свита (серая)	Так наз. «ильхидаг»	VI—VII	Свита[1] дедеркай	Меловой флиш	Свита кохт
Сенон	Кампан	VI	Нижняя дибрарская свита (красноцветная)		VI—VII	Свита[1] дедеркай	Меловой флиш	Свита кохт
Сенон	Сантон	V	(Т. н. «юнус-даг»)		IV—V	Свита маркотх («цементная»)		(На северном склоне перерыв)
Эмшер		IVb	Кемчи		IV—V	Свита маркотх («цементная»)		(На северном склоне перерыв)
Турон		IVa	(Перерыв)		III	Сеноман		
Сеноман		III	Подкемчи		III	Сеноман		
Альб		I	(Перерыв)		II	Альб		
Апт		I	Апт (красноцвет)		I	Верхнесидеритовая свита		
Баррем		I	Свита серых глин апт-баррема		I	Верхнесидеритовая свита		

[1] Свита дедеркай охватывает (VI—VII—VIII) зоны, свита агой переходит в (IX) зону. См. дополнение на стр. 90.

Таблица 7

Распространение важнейших видов фораминифер в разрезе мела и палеогена Кавказа

(По данным М. А. Глесснера, 1937 г.)

×× часто; × редко; ') единичные находки на северо-западе; '') единичные находки на юго-востоке

Виды фораминифер	Апт	Сеноман	Турон	Эмшер	Сенон				Датский ярус	Палеоцен	Эоцен					Нижний олигоцен
					сантон	кампан		маастрихт			нижний		средний	верхний		
Зоны	I	III	IV	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Glomospira gordialis (Jones et P.)	××									×	×	×			×	×
Bolivina textularioides Reuss	×	×														
Globigerina infracretacea Glaessn.	×	?														
Rhizammina indivisa Brady	××									××						
Glomospira charoides (Jones et P.)	×							×	×	××	××	××			×	×
Marssonella oxycona (Reuss)	×		×	×	×		×	×	×							
Gyroidina sp. aff. *nitida* Reuss	××															
Hyperamminoides n. sp.	×	×														
Ammodiscus incertus (d'Orb.)	×	×						×	×	××	××	××			×	×
Ammodiscus gaultinus Berth.	×															
Gaudryina filiformis Berth.	×	×														
Gümbelitria sp.	×	××		×	×	×	×	×	×							
Ammodiscus serpuloides Schacko		×														
Gyroidina nitida Reuss		××														
Gyroidina micheliniana d'Orb.		×	×				×									
Schackoina cenomana (Schacko)		×														
Gümbelina globulosa (Ehrenb.)		××	××	××	××	××	××	××	×							
Globotruncana aff. *appenninica* Renz.		××	')													
Gyroidina anomalinoides White		×		×	×		×									
Planulina schloenbachi (Reuss)		×	×													
Bolivinita eouvigeriniformis Keller		×	×													
Globigerinella aspera (Ehrenb.)		')	××	××	××	××	××	××								
Eouvigerina cretacea (H.-A. et E.)			×		××	×	×	'')								
Schackoina multispinata (Cushm. et W.)			×	×	××	××	×	'')								
Globotruncana linnei (d'Orb.)			××	×	××	××	×	×								
Discorbis sp. nov.			×	×	×	×										
Bulimina reussi Morrow			×	×	××	××	×	×								

Pseudotextularia elegans Rzehak			×	×	×	×	×	×								
Textularia anceps Reuss			×	×	×											
Bolivinita eleyi Cushm.			×		×		×									
Globigerina cretacea d'Orb.			××	××	×	×	×	×								
Gaudryina carinata Franke				×	×											
Reussella cushmani Brotzen				×	×		×									
Eponides whitei Brotzen				×	×		×									
Loxostomum voigti Brotzen				×	××											
Globotruncana fornicata Plummer				×	×	×										
Allomorphina cf. *minuta* Cushm.			'')		×	×	×	×								
Nonionella sp.					×		×		×							
Valvulineria allomorphinoides (Reuss)		'')	')		×	×	×	×	×	×						
Discorbis correcta Carsey					×											
Gümbelina tessera (Ehrenb.)					×	×	××									
Stensjöina exsculpta (Reuss)					×	×		×								
Textularia excolata Cushm.					'')	×	×	×	×	×						
Bolivina decorata Jones			'')			×	×	×	×	×						
Reussella szajnochae Grzyb.						×	×	×								
Bolivinita planata Cushm.						×	×									
Eponides aff. *trümpyi* Nuttall				'')		×	×	×								
Anomalina pertusa Marsson						×	×									
Textularia dentata Alth.						×	×	×	×							
Bolivina cf. *incrassata* Reuss						×		×								
Globotruncana arca Cushm.						××'	××	×								
Eouvigerina aff. *gracilis* Cushm.						×	×									
Anomalina velascoensis Cushm.						×	×	×								
Globotruncana contusa (Cushm.)							×	×								
Globotruncana aff. *rosetta* Carzey							×									
Globotruncana aff. *stuarti* (Lapp.)							×	×								
«*Rotalia*» *beccariiformis* White							×	×	×							
Buliminella n. sp.							×	×								
Pseudouvigerina sp.						'')	×	×								
Pseudotextularia elegans var. *acervulinoides*							×	×								
Nodellum velascoense (Cushm)							×	×	×	×						
Bolivinita exigua Glaessner								×	×	×						
Gümbelina crinita Glaessner								×	××	××						
Globigerina pseudobulloides Plummer								×	××	××						
Globigerina bulloides d'Orb.								×	××	×	×	××	××	××	××	×
Pseudotextularia elegans var. *varians*								×								
Siphonodosaria jarvisi Cushm.								×	×	×						
Trochamminoides irregularis White						')		×	×	××						
Hormosina ovulum Grzyb.								×	×	×						

Продолжение табл. 7

Виды фораминифер	Апт	Сеноман	Турон	Эмшер	Сенон: сантон	Сенон: кампан		Сенон: маастрихт	Датский ярус	Палеоцен	Эоцен: нижний		Эоцен: средний	Эоцен: верхний		Нижний олигоцен
Зоны	I	III	IV	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Nodosaria velascoensis Cushm.								×	×							
Pleurostomella pleurostomella Silv.								×								
Pulvinulinella velascoensis Cushm.								×	×							
Rzehakina epigona (Rzehak)								×	×	×						
Globigerina compressa Plummer									××	××						
Pullenia coryelli White									×	×						
Textularia plummerae Lalicker									×	×	×					
Chilostomella sp.							'')	'')	×	×						
Globorotalia membranacea (Ehrenb.)									×	×						
Eponides trümpyi Nuttall									×	×	×	×	×			
Reophax splendidus Grzyb.										×						
Proteonina complanata (Franke)										×						
Glomospira irregularis (Grzyb.)										××						
Bolivinopsis spectabilis (Grzyb.)										××	×	×				
Pseudouvigerina selseyensis (H.-A. et E.) var.										×						
Pseudouvigerina wilcoxensis Cushm.										×						
Globorotalia angulata (White)										××						
Bulimina semicostata Nuttall											×	××	××			
Bulimina subrotundata Cushm. et Thom.											×					
Bolivina aff. *aragonensis* Nuttall											×	××	×			
Eponides umbonata (Reuss)											×	×	×		×	×
Globorotalia crassata Cushm.											××	×				
Globorotalia aragonensis Nuttall											×	××				
Globorotalia aff. *crassula* Cushm.											×	××	××	×	×	×
Cibicides perlucida Nuttall											×	×	×			

Valvulineria n. sp.											×	×	×			
Globigerinella micra (Cole)											×	××	××	××	×	
Plectina dalmatina (Liebus)											×	×	××			
Cassidulina subglobosa Brady											×	×	×		×	
Planulina sp.												×	×			
Valvulineria palmarealensis (Nuttall)												×	×		×	×
Buliminella n. sp.												×	×			
Hantkenina liebusi Schochina													××			
Globigerina inflata d'Orb.													×		×	
Globigerinoides conglobata (Brady)													×		××	
Cibicides pseudoungeriana Cushm													×		×	×
Gümbelina budensis (Hantken)													×	××	××	×
Globigerina bulloides var. *cryptomphala* Gl.													×	×	××	
Hantkenina alabamensis Cushm.														×	×	
Uvigerina cocoaensis Cushm.															××	
Marginulina behmi Reuss															×	×
Reussella eocaena Cushm.															×	×
Bulimina sculptilis Cushm															×	×
Bolivina intermedia Halkyard															×	×
Bolivina caelata Cushm.															×	×
Bolivina cf. *scalprata* Schwager															×	×
Siphonodosaria verneuili (D'Orb.)															××	×
Eponides budensis (Hantken)															×	×
Planulina costata (Hantken)															×	×
Asterigerina blacteata Cushm.																×
Angulogerina carinata Cushm.																×
Bolivina beyrichi Reuss																×
Bolivina cf. *plicata* d'Orb.																×
Bolivina nobilis Hantken																×
Nodosaria tosta Schwager																×
Amphimorphina haueriana Neugeb.																×
Cibicides refulgens Montf.																×

Сопоставление разрезов мела и палеогена юго-восточного и северо-западного Кавказа на основании микрофаунистических зон

Характерные смены фауны фораминифер в течение мелового и третичного времени дают нам возможность выделять ряд последующих ассоциаций. Руководствуясь ими и учитывая фациальные изменения, которые каждая из них должна претерпевать в разных частях своего ареала обитания, мы можем сопоставлять разрезы, даже очень отдаленные друг от друга.

Пока в пределах от апта до нижнего олигоцена установленно 16 таких ассоциаций. Выше давались некоторые указания на их основные отличительные черты; подробно описать фауну в настоящей статье не представляется возможным. Поэтому приходится ограничиться здесь указанием на прилагаемую табл. 6, в которой даются сопоставления разрезов (подробные сведения о фауне заменены римскими цифрами, соответствующими установленным ассоциациям фораминифер). В табл. 7 показано распространение 125 важнейших видов в этих ассоциациях.

ДОПОЛНЕНИЕ

К стр. 69 и 85.

В последнее время на основании дополнительного материала возраст свиты агой Е. В. Кудряшевым устанавливается как датский, ибо обнаруженные работниками группы микропалеонтологии в этой свите маастрихтские формы среди песчанистого материала являются переотложенными из пелитовой части верхов свиты Дедер-кай.

Аналогичная переотложенная фауна наблюдается и в разрезе горной Кахетии, в квитерских слоях, относимых Н. Б. Вассоевичем к верхам сенона по наличию в песчаниках верхнесенонских форм, между тем как ассоциация маастрихтской фауны найдена Е. В. Кудряшевым в глинах сабуинской толщи.

К стр. 84.

Дополнительный материал, обработанный Е. В. Кудряшевым по юнусдагской гряде, р. Гяды-су, Грузии и др., подтверждает региональное развитие установленного акад. И. М. Губкиным юнусдагского горизонта на северо-восточном крыле юнусдагской складки и позволяет параллелизовать разрезы юго-восточного крыла с красноцветной дибрарской толщей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданович К. И. Система Дибрара в Юго-вост. Кавказе. Тр. Геол. ком. (новая серия), вып. 26, 1906.
2. Вассоевич Н. Б. Сопоставление осадочных образований Кабристана и Кахетии. Азерб. нефт. хоз., т. IV, № 11—12, 1931.
3. Вассоевич Н. Б. Заметка о стратиграфии верхнемеловых отложений юнусдагской гряды (сев.-зап. часть Апшеронского п-ова). Изв. Азерб. нефт. инст., вып. 4, 1932.
4. Вассоевич Н. Б. О вероятном возрасте «Эоценового флиша» и смежных с ним отложений сев.-зап. части Кавказа. Тр. НГРИ (серия Б), вып. 37, 1932.
5. Вассоевич Н. Б. Материалы к стратиграфии и петрографии меловых и палеогеновых отложений Юго-вост. Кавказа. Тр. Геол. инст., т. 8, стр. 127—184, табл. 1—5, 1933.
6. Вялов О. С. Свита Маркотх (цементная) в Туапсинском районе. Зап. Всерос. минер. общ. (серия 2), ч. 65, вып. 2, стр. 315, 1936.
7. Вялов О. С. и Вялова Р. И. Доклады Акад. Наук (новая серия), т. I, № 3, стр. 155, 1934.
8. Глесснер М. А. Стратиграфия нижнего палеогена Сев. и Юго-вост. Кавказа в свете изучения микрофауны. Информ. сб. НГРИ, вып. 3, стр. 110, 1934.
9. Губкин И. М. Геологические исследования в сев.-зап. части Апшеронского п-ова (сумгаитский планшет; предварительный отчет), Изв. Геол. ком., т. 33, № 4, 1914.
10. Губкин И. М. Геологические исследования в зап. части Апшеронского п-ова (лист учтапинский и коунский). Изв. Геол. ком., т. 34, № 2, 1915.
11. Губкин И. М. Геологические исследования в сев.-зап. части Апшеронского п-ова (лист перекюшкюльский; предварительный отчет). Изв. Геол. ком., т. 35, № 2, 1916.
12. Губкин И. М. Тектоника Юго-вост. Кавказа, Москва, 1934.
13. Келлер Б. М. Стратиграфия верхнемеловых отложений Зап. Кавказа (геологич. серия, № 5), стр. 628, 1936.
14. Мирчинк М. Ф. Стратиграфические соотношения палеогеновых и меловых свит на Юго-вост. Кавказе. Азерб. нефт. хоз., т. XI, № 2—3, 1931.
15. Мирчинк М. Ф. Геологические исследования в сев. и юго-вост. части планшета 1—3 (Кемиш-даг) кабристанских пастбищ. Тр. Геол.-разв. конторы Азнефти, вып. 1, 1933.
16. Мирчинк М. Ф. Тектонические проблемы Юго-вост. Кавказа. Тр. Геол. разв. конторы Азнефти, вып. 11, 1935.
17. Мишунина З. А. К стратиграфии меловых отложений Сев. Кабристана. Тр. НГРИ (серия Б), вып. 14, 1931.
18. Мишунина З. А. Геологические исследования в Сев.-зап. Кабристане (пл. 1—1 и 1—2), Тр. НГРИ (серия Б), вып. 40, 1934.
19. Субботина Н. Н. Стратиграфия нижнего палеогена и верхнего мела Сев. Кавказа по фауне фораминифер. Тр. НГРИ (сер. А), вып. 96, 1936.
20. Чарноцкий С. Труды Геол. ком. (новая серия), вып. 91, стр. 15, обн. № 83, 1914.
21. Чарноцкий С. Там же, стр. 74, обн. № 259.
22. Чарноцкий С. Там же, стр. 74, обн. № 258.
23. Abrard. Bull. Soc. Géol. de France (ser. 5), t. 3, p. 227, 1933.
24. Glaessner M. Studien über *Foraminifera* aus der Kreide und dem Tertia des Kaukasus. I. Die Foraminiferen der ältesten Tertiärschichten des Nordwestkaukasus. Проблемы палеонтологии, т. II и III, 1937.
25. Das Vorkommen von *Siderolites vidali* Douv. und *Arnaudiella grossouvrei* Douv. in Kaukasus. Этюды по микропалеонтологии, т. I, вып. 1, 1937.
26. Plankton-Foraminiferen aus der Kreide und dem Eozän und ihre stratigraphische Bedeutung. Этюды по микропалеонтологии, т. I, вып. 1, 1937.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

В. А. СУЛИН

ЗАДАЧИ И НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ГЕОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ КРЫМСКО-КАВКАЗСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Выявление гидрогеологической и геохимической характеристики грязевых вулканов является лишь звеном в разрешении общей проблемы генезиса грязевых вулканов, в выяснении их связи с нефтяными месторождениями. Будучи частью общей темы, оно всецело подчинено и ее целевой установке.

При параллельном рассмотрении вопросов гидрогеологии и геохимии грязевых вулканов исходят из того, что вода в грязевых вулканах играет двоякую роль. С одной стороны, вода в числе других факторов (газ, глина, тектоника) определяет своим присутствием самое существование грязевых вулканов, принимая выдающееся участие в их деятельности и в их генезисе. С другой стороны, вода является одним из компонентов физико-химической системы вода — порода — брекчия вулканов, отражая в своем составе геохимические особенности брекчий и в свою очередь воздействуя на эти особенности. Вода, брекчия, органическое вещество (газ, битумы) составляют единую триаду, создающую геохимический облик грязевых вулканов.

Задачи исследования рисуются в следующем виде.

Прежде всего необходимо установить природу самих запасов вод грязевых вулканов, источники накопления их в недрах вулканов. Иными словами, определить степень участия в формировании этих запасов вод инфильтрационных, погребенных и, возможно, даже магматических. Следующий вопрос — выяснение характера воздействия воды на морфологию грязевых вулканов.

Детальное изучение химического состава вод грязевых вулканов представляет собою последующую задачу исследования.

Оно, в свою очередь, является этапом в построении классификации вод грязевых вулканов, в установлении их основных типов. Оно накопляет также и материалы по установлению геохимического облика грязевых вулканов.

Следующая задача исследования — изучение геохимических особенностей брекчий грязевых вулканов и их илов и выяснение характера взаимоотношений продуктов деятельности вулканов (брекчий и вод) с органическими веществами (газы, битумы), содержащимися в вулкане.

Совокупность всех этих исследований выявит геохимическую характеристику грязевых вулканов, наметит ее единство или, наоборот, установит ее вариации.

Но этим задача всего комплекса исследований еще отнюдь не завершается. На очереди стоит сопоставление геохимического содержимого грязевых вулканов и нефтяных месторождений, а следовательно, и выявление геохимических констант последних. Геохимия нефтяных месторождений переживает пока что лишь зарю своего развития. Здесь предстоит еще

упорная и кропотливая работа по накоплению аналитических материалов, завершение которой, вероятно, позволит установить существование характерных геохимических фаций — фаций нефтяных месторождений.

Сопоставление геохимических констант нефтяных месторождений и грязевых вулканов установит черты их сходства и различия и, следовательно, приблизит нас к разрешению вопроса и об их взаимном соотношении.

Проблемы генезиса химического состава вод грязевых вулканов не могут быть разрешены без сопоставления состава этих вод с составом вод пресных и минеральных источников, развитых в стратиграфических комплексах, принимающих участие в построении брекчий грязевых вулканов, особенно в зонах распространения грязевых вулканов. Но это сопоставление возможно лишь при наличии полных анализов этих вод, включающих и определение компонентов, характерных для вод грязевых вулканов (например, J, Br, B, Ba, Sr и др.). Однако, подобного рода анализы редки для минеральных вод и совершенно отсутствуют для пресных вод.

Отсюда вытекает необходимость изучения вод минеральных и пресных источников Крымско-Кавказской провинции, прежде всего приуроченных к районам распространения грязевых вулканов.

Для разрешения вопроса о возможном наличии в составе вод грязевых вулканов магматических компонентов требуется изучение под тем же углом зрения вод пресных и минеральных источников, связанных с распространением изверженных пород в Крымско-Кавказской провинции.

Выяснение характера геохимических процессов, текущих в грязевых вулканах, и их динамики требует установления первичной геохимической характеристики пород различных стратиграфических комплексов, принимающих участие в построении брекчий грязевых вулканов. Лишь сопоставление первичной геохимической характеристики этих пород с геохимической характеристикой брекчий и илов грязевых вулканов позволит установить характер и направление геохимических процессов, протекающих в грязевых вулканах.

Отсюда возникает новая задача: геохимическое изучение колонок разрезов основных стратиграфических комплексов, развитых в районах распространения грязевых вулканов и принимающих существенное участие в составе их брекчий.

Набросанные нами в общих и кратких чертах основные задачи и пути изучения гидрогеологии и геохимии грязевых вулканов чрезвычайно трудоемки и сложны. В своем полном завершении каждая из поставленных задач может превратиться в самостоятельную проблему исследования. Небольшой коллектив научных работников группы геохимии вод и пород лаборатории генезиса нефти ИГИ АН,[1] занятый на данной работе, естественно, не мог ставить перед собою задачу исчерпывающего охвата всех намеченных путей исследования. Для изучения были выбраны лишь основные геохимические компоненты состава вод и брекчий грязевых вулканов, вод и пород сопутствующих им источников и геологических разрезов, которые могли бы, хотя бы в известной мере, осветить условия генезиса грязевых вулканов. Настоящий очерк заключает в себе лишь некоторые предварительные итоги отнюдь еще не завершенных работ. По своему объему он ни в какой мере не претендует на оформление огромного фактического материала, накопленного за два года работы нашего коллектива. По той же причине он не ставит себе задачей рассмотрение в историческом контексте представлений о геохимическом содержании грязевых вулканов и путях его генезиса, равно как и сводку литературы по данному вопросу.

---

[1] В составе научного руководителя В. А. Сулина, научных сотрудников Л. А. Гуляевой, Е. С. Иткиной и ст. лаборантов Е. А. Барс, Л. Н. Казариновой и Н. Н. Немченко.

Впредь до завершения монографической обработки всего материала исследования отдельные вопросы предполагается осветить в ряде статей сотрудников коллектива.[1]

Предварительные итоги работ излагаются ниже.

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАПАСОВ ВОД ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ И ИХ ДЕБИТ

Грязевые вулканы могут пополнять запасы своих вод за счет различных источников. Прежде всего возможна непосредственная инфильтрация атмосферных осадков (дождь, снег) через поверхностные выхода брекчии в недра вулканов. Может иметь место питание вулкана пластовыми водами водоносных горизонтов, прорванных массою брекчии в жерле вулкана и таким образом приведенных в соприкосновение с брекчией. Пластовые воды в свою очередь могут принадлежать к категории вод инфильтрационного происхождения или же вод ископаемых (погребенных).

В первом случае питание пластовых вод будет итти за счет проникновения атмосферных осадков в местах выхода на дневную поверхность водоносных горизонтов. Во втором пластовые воды будут принадлежать к категории вод седиментации, погребенных в породах в периоды накопления осадков и совместно с этими осадками.

В случае выхода водоносных горизонтов, питающих вулкан своими пластовыми водами, на морском дне, возможно пополнение запасов этих вод за счет проникновения в пласты морской воды.

При наличии в разрезе осадочных серий, прорванных вулканом, поверхностей трансгрессивного залегания пород, эти поверхности в периоды трансгрессии моря могли явиться бассейном питания водоносных горизонтов водами древних трансгрессирующих морей. Наконец, возможно предположение о проникновении в недра вулканов по трещинам глубинных восходящих вод различного, в частности магматического, происхождения.

Изучение гидрогеологических особенностей вулканов Крымско-Кавказской провинции приводит нас к следующим выводам.

Богатство вулкана водою, проявляющееся прежде всего в количестве покрывающих вулкан грифонов, их величине и дебите их илистых вод, в основном зависит от немногих факторов. К ним относятся: абсолютная величина гипсометрической отметки жерла вулканов, разница отметок выхода на дневную поверхность водоносных горизонтов и точек их контакта с брекчией вулкана, характер фильтрующей способности брекчии и наличие водопроводящих трещин, наконец, климатические особенности района расположения вулкана.

Обычно вулканы, расположенные в котловинах и имеющие небольшую относительную высоту, оказываются и наиболее многоводными. К ним принадлежат: в Азербайджане — Сев. Астраханка, Набур, Айран-текян, Дышгиль; в Грузии — Ахтала; на Керченском п-ове — Булганакский вулкан и др.

Наоборот, вулканы, обладающие значительной гипсометрической отметкой, бедны водою. К ним принадлежат, например, Катур-даг, Отманбозы-даг, Лок-батан в Азербайджанской ССР. Это естественно, так как чем более высота вулкана, тем обычно больший путь по массе брекчии приходится совершить поднимающейся вверх воде, тем легче и быстрее закрываются узкие каналы в брекчии, представляющие своего рода коллекторы для воды, накопляющейся в них из массы брекчии, и служащие проводниками этой воды к поверхности вулкана.

Силой, продвигающей илистую воду грифонов к поверхности вулкана в моменты затишья его эруптивной деятельности, является газ и в известной

[1] В настоящем сборнике помещены статьи: В. А. Гуляевой «Бор в водах грязевых вулканов» и Е. С. Иткиной «Калий в водах грязевых вулканов».

мере гидростатический напор вод. Воздействие последнего ясно наблюдается в ряде вулканов в виде обогащения водою периферических грифонов, наиболее приближенных к бассейну питания вулкана атмосферными водами (например, Сев. Астраханка и Набур в Азербайджане, Булганакская сопка на Керченском п-ове).

Как показали наблюдения, питание вулканов атмосферной водой совершается в достаточной мере легко через самую массу брекчии.

Характерным примером подобного рода питания вулкана атмосферной водою может служить Лок-батан в Азербайджане. По данным бурения пласты продуктивной толщи, контактирующие в жерле вулкана с массой сопочной брекчии, лишены водоносных горизонтов и резко обогащены газом. Подток к вулкану воды по ним — исключение. Характерны для этого вулкана и оползневые явления в массах брекчии, обычно наблюдаемые после периодов дождей. Показательны также при оценке участия атмосферных вод в питании вулкана (проникающих в него или через поверхность брекчии или в виде пластовых инфильтрационных вод) относительно низкая (по сравнению с водами нефтяных месторождений) минерализация вод и их химический состав.

В питании водами прибрежных вулканов Азербайджана значительную роль должны играть и воды Каспийского моря, проникающие в продуктивную толщу по головам песчаных пластов, обнажающихся на дне моря.

Дебит вод грифонов грязевых вулканов незначителен. Объясняется это, с одной стороны, слабой проницаемостью брекчии вулканов, с другой — климатическими особенностями районов расположения большинства грязевых вулканов (Азербайджан). Сухость климата, выражающаяся в бедности атмосферными осадками (200—300 мм для Азербайджана), и значительная величина испарения, резко превышающая количество осадков (около 1000 мм в год для Азербайджана), наряду с затрудненностью фильтрования атмосферных вод с поверхности через массу брекчии в недра вулкана, создают и незначительный обычно дебит вод грифонов вулканов. Таким образом, запасы вод грязевых вулканов преимущественно инфильтрационного атмосферного происхождения. Участие в них погребенных вод, возможно, имеет место лишь для вулканов побережья Каспия, несущих в себе жесткие хлор-кальциевые воды.

ТИПЫ ВОД ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Среди вод грязевых вулканов исключительное распространение имеют лишь два типа вод: относительно слабо минерализованные щелочные и более высоко минерализованные — хлор-кальциевые воды.

Минерализация вод щелочных, выраженная количеством миллиграмм-эквивалентов ионов, содержащихся в 100 г воды, колеблется в пределах от 11 до 126 мг-экв. Обычная величина 20—25 мг-экв. Щелочные воды грязевых вулканов содержат в себе преимущественно хлориды, бикарбонаты и карбонаты щелочей. Сульфаты щелочей или отсутствуют или наблюдаются в водах в незначительном количестве. Весьма невелико содержание в водах и карбонатов и бикарбонатов щелочных земель.

Отличие отдельных разновидностей щелочных вод заключается, с одной стороны, в их минерализации, с другой — в различных соотношениях в их составе между хлоридами щелочей и карбонатами и бикарбонатами щелочей.

Преобладание в составе этих вод бикарбонатов и карбонатов щелочей над их хлоридами дает максимально щелочной тип воды, выражамый формулой $A_1S_1S_2$. [1]

[1] Формула воды представляет собою рядом расположенные характеристики Пальмера в порядке их убывающей величины (см. В. А. Сулин. Воды нефтяных месторождений СССР, 1935).

Преобладание хлоридов щелочей дает щелочно-соленый тип воды, выражаемый формулой $S_1A_1A_2$.

Обычно щелочно-соленый тип воды ($S_1A_1A_2$) обладает более высокой минерализацией, чем тип воды солено-щелочной ($A_1S_1A_2$). При максимальных величинах минерализации вод значение S_1 обычно превышает 90 мг-экв.

Минерализация хлор-кальциевых жестких вод грязевых вулканов колеблется между 66 и 400 мг-экв на 100 г воды. Обычно минерализация этих вод редко опускается ниже 100 мг-экв. В хлор-кальциевых водах присутствуют хлориды щелочей (явное преобладание) и щелочных земель.

Карбонаты и бикарбонаты щелочных земель встречаются в незначительных количествах. Сульфаты редки и находятся в минимальных количествах.

Формула хлор-кальциевых вод грязевых вулканов такова: $S_1S_2A_2$.

Обычно, чем выше минерализация воды, тем большую роль в составе ее начинают играть хлориды щелочных земель.

Наиболее распространенным типом вод грязевых вулканов являются воды щелочные. Воды грязевых вулканов Керченского и Таманского п-овов принадлежат исключительно к типу щелочных вод. В Грузии грязевые вулканы, приуроченные к акчагыльскому ярусу и сармату, содержат щелочные воды.

В Азербайджане большинство вод грязевых вулканов имеет щелочной характер.

Хлор-кальциевые воды встречаются в грязевых вулканах спорадически. Наибольшее развитие они имеют в прибрежной полосе Прикаспия, где приурочены к вулканам, сидящим на продуктивной толще или отложениях апшеронского яруса.

В Грузии хлор-кальциевые воды встречаются в грязевых вулканах, приуроченных в отложениях мирзаанской (ширакской) толщи. Их находят в вулканах Кила-купра и в Мирзаанской сопке. Присутствуют они также и в вулкане Пховели, сидящем на отложениях свиты кинта.

На Кубани хлор-кальциевые воды отмечены в единственном вулкане, Большой Гладковской сопке, сидящей на меловых отложениях. Таким образом, распределение хлор-кальциевых и щелочных вод охватывает собою значительный диапазон стратиграфической колонки разреза. При этом щелочные воды наблюдаются в вулканах любого стратиграфического основания. Хлор-кальциевые воды в Азербайджане тяготеют преимущественно к верхнему отделу продуктивной толщи и апшеронскому ярусу.

В других областях они приурочены к различным стратиграфическим комплексам (мел на Кубани, мирзаанская толща в Грузии). Наибольшее распространение эти воды имеют в Азербайджане, встречаясь в других областях лишь спорадически.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЕРЫ В ВОДАХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Характерной особенностью вод грязевых вулканов обоих типов является отсутствие или незначительное содержание сульфатов. Количество SO_4, как правило, не превышает 0.6 мг-экв на 100 г воды, повышаясь лишь в некоторых сероводородных грифонах до 10—20 мг-экв в 100 г воды.

В распределении сульфатов в водах грязевых вулканов наблюдается некоторая закономерность. Обычно воды вулканов или не содержат сульфатов, или последние появляются в периферических зонах вулканов. Обычно также и появление сероводородных источников, как правило, не отмечаемых в центральных грифонах вулкана.

В водах сероводородных грифонов наблюдается появление и недокисей серы S_2O_3'', SO_3''.

Появление в водах недокисей серы, сероводорода, исчезновение сульфатов обусловлено процессом десульфуризации вод, протекающим в недрах вулканов.

Десульфуризация вод есть следствие геохимической обстановки грязевых вулканов, выражающейся в наличии в них битумов (углеводородный газ, нефть).

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ ВОД ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Поверхностные воды, поступая в недра грязевых вулканов, в зону течения восстановительных реакций, претерпевают коренные изменения в составе, приводящие к появлению новых типов вод, редко наблюдаемых на земной поверхности.

Процессы изменения состава вод заключаются: в выщелачивании брекчий грязевых вулканов; в концентрировании вод, связанном с выщелачиванием и с испарением вод, обусловленным воздействием на них углеводородных газов вулканов; во взаимодействии вод с восстанавливающим органическим комплексом грязевых вулканов (битумы, газ, нефть) или непосредственно, или в результате микробактериального воздействия.

Поступающие в вулканы поверхностные воды содержат обычно преобладающие количества бикарбонатов и карбонатов щелочных земель. Принадлежат они к двум типам: щелочных сульфатных вод ($A_2S_1A_1$) и жестких сульфатных вод ($A_2S_1S_2$ и $A_2S_2S_1$).

В результате реакций восстановления сульфаты исчезают в недрах вулканов из состава проникших в вулкан поверхностных вод. Что касается сульфатов поверхностных вод, то они представлены обычно сульфатами натрия и щелочных земель. Восстановление сульфатов щелочных земель приводит к выведению из состава вод этих соединений. В результате в водах констатируется появление недокисей серы и сероводорода.

Восстановление сульфатов натрия приводит к появлению в составе вод бикарбонатов и карбонатов натрия, присутствие которых придает воде первую щелочность (A_1).

Выщелачивание пород, слагающих брекчии грязевых вулканов, вводит в состав вод новые количества сульфата натрия, обычно содержащиеся в воднорастворимой части пород, и создает таким образом новый резерв запасов этого соединения в водах, переводимый последующими процессами десульфуризации в новые количества бикарбонатов и карбонатов натрия.

Концентрирование вод влечет за собою уменьшение содержания в водах бикарбонатов и карбонатов щелочных земель (A_2), обусловленное их слабой растворимостью в минерализованных водах.

В результате поверхностные сульфатные бикарбонатно-кальциево-магниевые воды превращаются в щелочнохлоридные бессульфатные воды грязевых вулканов.

Существенно указать, что соотношения хлоридов и бикарбонатов щелочей в этих водах зависят исключительно от интенсивности процессов восстановления и концентрирования поступающих в вулкан жестких сульфатных вод.

Определение степени щелочности вод грязевых вулканов Азербайджана и других провинций ясно указывает на отсутствие зависимости степени щелочности вод от стратиграфической принадлежности основания или корней вулкана и от географического расположения самого вулкана.

Иными словами, различный литологический состав пород отдельных вулканов при общности состава поверхностных вод и едином направлении процессов десульфуризации приводит в любых стратиграфических условиях к появлению одних и тех же типов щелочных вод. Равным образом, следует отметить отсутствие увеличения щелочности в водах грязевых вулканов по мере приближения их к Главному Кавказскому хребту.

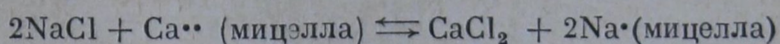
Подобное увеличение щелочности вод грязевых вулканов констатировалось С. А. Ковалевским и объяснялось им возможным воздействием ювениль-

ной углекислоты на вулканические воды. Наблюдения и выводы С. А. Ковалевского совершенно не подтверждаются имеющимся в нашем распоряжении огромным фактическим материалом.

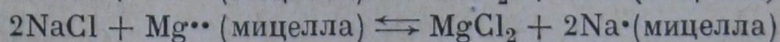
ПРОИСХОЖДЕНИЕ ХЛОР-КАЛЬЦИЕВЫХ ВОД ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Спорадическое появление хлор-кальциевых вод в грязевых вулканах различных географических провинций и стратиграфических горизонтов, развитие этого типа вод в грязевых вулканах Азербайджана, приуроченных к продуктивной толще и отложениям апшеронского яруса, оставалось вплоть до настоящего времени нерешенной проблемой. Сама констатация присутствия этих типов вод среди вод вулканов Грузии и Кубани была результатом работ ИГИ АН. Загадочной казалась и всегда более высокая степень минерализации хлор-кальциевых вод сравнительно с щелочными водами. Непонятным казалось также отсутствие среди щелочных вод и грязевых вулканов и нефтяных месторождений вод высокой минерализации, легко достигаемой щелочными растворами в условиях земной поверхности (содовые озера). Лишь после работ, посвященных изучению грязевых вулканов, удалось разрешить проблему генезиса хлор-кальциевых вод Крымско-Кавказской провинции. Основным процессом, определяющим появление хлор-кальциевых вод среди вод грязевых вулканов этой провинции, явился процесс обмена основаниями между водами вулканов и их брекчиями.

В результате этого процесса происходит превращение щелочных вод грязевых вулканов в воды жесткие, хлор-кальциевые. Обмен основаниями между водами и брекчиями протекает по реакциям:



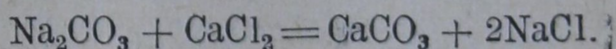
$$2NaCl + Ca^{\cdot\cdot} \text{ (мицелла)} \leftrightarrows CaCl_2 + 2Na^{\cdot} \text{(мицелла)}$$



$$2NaCl + Mg^{\cdot\cdot} \text{ (мицелла)} \leftrightarrows MgCl_2 + 2Na^{\cdot} \text{(мицелла)}$$

В американской литературе давно уже указывалось, что образование хлор-кальциевых вод может объясняться протеканием подобных реакций. Но условия течения этих реакций до сих пор не были определены; не были проверены эти реакции и в условиях эксперимента над соответствующими природными объектами. Это удалось сделать нам.

Оказалось, что первые этапы вытеснения катионов щелочных земель из брекчий ведут к взаимодействию хлоридов щелочных земель и карбонатов и бикарбонатов щелочей и их обоюдному уничтожению по реакции



$$Na_2CO_3 + CaCl_2 = CaCO_3 + 2NaCl.$$

Образующийся карбонат кальция выпадает в осадок вследствие слабой растворимости, а появление хлористого натрия в растворе увеличивает начальную соленость воды и повышает в ней концентрацию ионов натрия.

Лишь по завершении этой реакции начинается накопление в водах хлоридов щелочных земель, вызываемое продолжающейся реакцией обмена иона натрия вод на поглощенные щелочные земли пород.

Реакция обмена основаниями между щелочными водами и породами может начаться лишь при достижении значительного содержания натрия в водах. Повышение в них содержания натрия обусловливается процессами концентрирования вод грязевых вулканов.

Особо усиленное воздействие натрия вод на поглощенные щелочные земли брекчий и пород идет при минерализации вод, достигающей 80—120 мг-экв. Эти величины минерализации как раз и отвечают, по данным Гедройца, наибольшей вытесняющей активности натрия.

Поставленные нами работы по выяснению состава поглощенных оснований показали присутствие поглощенных $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ в породах продуктивной толщи, понта и майкопа Азербайджанской ССР, а опыты подтвердили возможность получения хлор-кальциевых вод взаимодействием раствора хлористого натрия и глинистых пород продуктивной толщи.

Таким образом, следует считать установленной возможность превращения в недрах грязевых вулканов вод щелочных в воды жесткие, хлор-кальциевые. Не только, конечно, щелочная, но и любого состава вода, по достижении в ней определенной концентрации ионов натрия, может быть превращена в результате взаимодействия с кальциево-магниевым поглощенным комплексом пород в воду хлор-кальциевую

Так, вода Каспийского моря, участие которой не исключено в питании вод продуктивной толщи, по достижении оптимальной минерализации (благодаря процессам концентрирования) может (исходя из указанных реакций) вступить в обмен основаниями с породами продуктивной толщи и превратиться в воду хлор-кальциевую.

Процесс образования хлор-кальциевых вод будет в данном случае еще более упрощенным, так как образующиеся хлориды кальция и магния, поступая в жесткую воду, будут непосредственно накопляться в ней с самого начала процесса. Десульфирование сернокислых солей кальция и магния, имеющихся в морской воде, завершит процесс и приведет к появлению чистых бессульфатных типов хлор-кальциевых вод.

Весьма вероятно, что рассмотренный тип реакций имел место и при формировании хлор-кальциевых вод продуктивной толщи Азербайджана.

Грязевые вулканы, сидящие своим основанием на продуктивной толще и на апшеронском ярусе, могли пополнять запасы своих вод за счет пластовых вод продуктивной толщи, уже предварительно концентрированных и превращенных в хлор-кальциевые воды в результате описанных реакций.

Превращение щелочных вод в жесткие по достижении ими определенной минерализации объясняет нам отсутствие в нефтяных месторождениях и грязевых вулканах высоко минерализованных щелочных и наличие высоко минерализованных хлор-кальциевых вод. Описанный нами путь образования хлор-кальциевых вод может иметь место во всех нефтяных месторождениях Крымско-Кавказской провинции.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ВОД НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ ПО СОЛЕВОМУ СОСТАВУ

Рассмотренные нами типы вод, встречаемых в грязевых вулканах, и по своему составу и по условиям своего образования вполне тождественны типам вод нефтяных месторождений вообще и нефтяных месторождений Крымско-Кавказской провинции в частности. Единство солевого состава вод отвечает здесь и единству процесса формирования этого состава.

ТЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА ОСНОВАНИЯМИ МЕЖДУ ВОДАМИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ И БРЕКЧИЯМИ И РОЛЬ КАЛИЯ В ВОДАХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Течение процессов обмена основаниями между водами грязевых вулканов и брекчиями демонстрируется не только описанными выше реакциями вытеснения кальция и магния из поглощающего комплекса пород, но и характером поведения ряда элементов, в частности калия, в водах грязевых вулканов.

Проведенная Е. С. Иткиной работа по изучению распространения калия в водах грязевых вулканов и минеральных и пресных источников Кавказа показала, что содержание калия в водах грязевых вулканов колеблется в пределах от $1.2 \cdot 10^{-3}$ до $6.3 \cdot 10^{-2}$ %. Исследования Е. С. Иткиной установили, что воды грязевых вулканов и нефтяных месторождений отнюдь не являются концентраторами калия. Содержание калия в этих водах лишь в единичных случаях превышает содержание его в морской воде, несмотря на увеличение минерализации вод вулканов в несколько раз по сравнению с минерализацией морской воды. Относительное содержание калия, выра-

женное в процентах к общесолевой массе воды, также не является повышенным по сравнению с морской водой. Отношение $\frac{rNa}{rCl}$ в свою очередь показывает увеличение роли натрия (сравнительно с калием) в водах грязевых вулканов (сравнительно с морской водой).

Содержание калия в водах грязевых вулканов, сидящих на продуктивной толще в Азербайджане и на майкопе на Керченском п-ове, оказывается повышенным сравнительно с содержанием его в водах грязевых вулканов, привязанных своим основанием к иным стратиграфическим комплексам. Но содержание калия в водах грязевых вулканов не является функцией минерализации воды, а определяется процессами взаимодействия вод и поглощенных оснований пород.

Наиболее высокие степени минерализации вод дают иногда относительное понижение содержания калия, что связано с процессами обратного поглощения калия породами.

СОДЕРЖАНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОДАХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ ИХ СОСТАВА

Иод. Иод является характерным и обязательным компонентом состава вод грязевых вулканов. Его содержание в водах грязевых вулканов (в %) таково: в Азербайджане $1.5 \cdot 10^{-3}$—$4 \cdot 10^{-3}$; в Грузии $1.2 \cdot 10^{-3}$—$3 \cdot 10^{-3}$; по Кубани $3 \cdot 10^{-3}$ — $4 \cdot 10^{-3}$; на Таманском и Керченском п-овах $2 \cdot 10^{-3}$ — $3 \cdot 10^{-3}$.

Максимальное содержание иода (в %) обнаружено в водах следующих вулканов: Ахтарма Нардаранская — $9.6 \cdot 10^{-3}$, Хидырлы — $8.3 \cdot 10^{-3}$ (Азербайджан); зап. Гладковская сопка — $5.7 \cdot 10^{-3}$ (Кубань), Булганак — $5.5 \cdot 10^{-2}$.

Содержание иода в водах грязевых вулканов очень велико ($5 \cdot 10^{-3}$ %): его концентрация в сотни раз выше концентрации в морской воде.

Содержание иода в водах грязевых вулканов не зависит от геологического возраста основания и корней грязевого вулкана. Оно не является также функцией минерализации воды. Так, максимальное содержание иода обнаружено в водах Ахтармы Нардаранской ($9.6 \cdot 10^{-3}$ %), степень минерализации которых лежит около 67 мг-экв на 100 г воды; в водах же Хидырлы при минерализации 200—150 мг-экв содержание иода составляет $3.8 \cdot 10^{-3}$—$4.5 \cdot 10^{-3}$ %.

Отсутствие взаимозависимости между содержанием иода и минерализацией воды объясняется процессом поглощения иода породами и брекчиями и частичной потерей его при концентрировании вод, особенно в застойных грифонах-озерах, расположенных на дневной поверхности.

Потеря иода нередко происходит и в результате окисления иодидов в условиях дневной поверхности под воздействием нитритов, образующихся из аммиака, всегда имеющегося в водах грязевых вулканов. Факты нахождения в водах грязевых вулканов иодатов и свободного иода наряду с нитратами подтверждают вышесказанное.

Сопоставление содержания иода в водах грязевых вулканов с содержанием его в водах минеральных источников Военно-Грузинской дороги [1] указывает на значительное уменьшение его в последних. Здесь содержание иода достигает: в базиленских нарзанах $1.3 \cdot 10^{-3}$ % и в кобийском нарзане $3.2 \cdot 10^{-5}$ %. Некоторые нарзаны совершенно не содержат иода (при определении иода с точностью до $9 \cdot 10^{-6}$). Таким образом, воды источников Военно-Грузинской дороги содержат иода в сотни раз меньше, чем воды грязевых вулканов. Следует указать, что большинство минеральных глубинных

[1] Определение ИГН АН.

источников, связанных с изверженными породами, не показывает содержания иода.

Что касается содержания иода в водах нефтяных месторождений, то здесь найдены цифры примерно такого же порядка, как и для вод грязевых вулканов.

В некоторых месторождениях происходит особо заметное накопление иода и притом при весьма небольшой минерализации вод. Так, в водах нефтяных месторождений Грузии содержание иода составляет $6 \cdot 10^{-4}$ — $2.6 \cdot 10^{-3}$ % при минерализации в 2—10 мг-экв на 100 г воды.

Накопление иода в водах грязевых вулканов должно быть связано каким-то образом с наличием в них органического вещества — нефти.

Бром. Содержание брома в водах грязевых вулканов колеблется в пределах между $2.5 \cdot 10^{-3}$ и $1.7 \cdot 10^{-2}$ %. Если сопоставить величины, характеризующие содержание брома в морской воде, с таковыми же для вод грязевых вулканов, то окажется, что концентрирование его в последних или вовсе не имеет места, или же замечается увеличение содержания его всего в несколько раз.

Оказывается, что в большинстве случаев коэфициент $\frac{rCl}{rBr}$ менее 308, т. е. соответствующей величины $\frac{rCl}{rBr}$ для морской воды.

Бром вод грязевых вулканов — продукт выщелачивания из брекчий, несущих в себе бромистые соли, захваченные в процессе седиментации.

Бор. Содержание бора в водах грязевых вулканов составляет $1 \cdot 10^{-2}$— $5 \cdot 10^{-1}$ %. Колебания в содержании бора связаны: с географическим положением вулкана и с геологическим возрастом основания вулкана. Максимальное содержание бора показывают вулканы мела и майкопа Азербайджана.

В водах Крымско-Кавказской провинции бора содержится $5 \cdot 10^{-4}$ % в пресных водах и $5 \cdot 10^{-3}$ % в минеральных. Бор — распространенный и обязательный элемент в водах грязевых вулканов.

Иод и бор, а частично и бром, представляют собою, так сказать, характерные геохимические константы вод грязевых вулканов.

Содержание их в водах источников, связанных с вулканической деятельностью, минимально или не показано.[1]

СОДЕРЖАНИЕ В ВОДАХ КОМПОНЕНТОВ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕАКЦИЙ

К таковым в составе вод грязевых вулканов относятся: аммоний и закисные соединения железа. Аммоний в водах грязевых вулканов содержится в количестве от $9 \cdot 10^{-5}$ до $9 \cdot 10^{-3}$ %.

Наличие его в этих водах должно быть связано с содержанием органического вещества.

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Все илы грязевых вулканов содержат в себе органическое вещество. Определения показали, что содержание органического углерода лежит в пределах 0.2—4%.

ВЫВОДЫ

Геохимическая обстановка грязевых вулканов тождественна обстановке нефтяных месторождений. Воды грязевых вулканов по составу и происхождению являются водами нефтяных месторождений. Воды грязевых вулканов по составу резко отличны от вод магматического образования.

[1] См. ст. Л. А. Гуляевой «Бор в водах грязевых вулканов» в настоящем сборнике.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Л. А. ГУЛЯЕВА

БОР ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

В 1935—1936 гг. ИГИ АН были проведены экспедиции по изучению грязевых вулканов Керченского и Таманского п-овов, Грузии и Азербайджана. Геохимической группой экспедиции [1] был собран обширный материал по гидро- и геохимии грязевых вулканов, детальная обработка которого производится в настоящее время. Обработка гидрохимического материала, который в значительной своей части анализировался на месте в поле, в своих существенных чертах закончена.

Настоящее сообщение посвящено изложению результатов, полученных мною при изучении одного из частных, но весьма существенных вопросов гидрохимии грязевых вулканов — вопроса о содержании и распространении бора в водах грязевых вулканов.

Бор впервые был констатирован в грязевых сопках Керченско-Таманского района В. И. Вернадским и С. П. Поповым в 1902 г. [5]. С тех пор определения бора в сопочных водах производились неоднократно рядом авторов (В. Н. Бекетов [1], В. Г. Хлопин [34], С. П. Попов [27, 28], Н. А. Изгарышев и А. Ф. Слудский [18], Э. Штебер [34, 38], Н. В. Тагеева [31]). Все эти исследования сосредоточивались на грязевых вулканах Керченско-Таманского района, и лишь Н. В. Тагеева дает количественный материал по содержанию бора в некоторых грязевых вулканах Закавказья; Грузия же оставалась совершенно неизученной в этом отношении.

Отрывочность и недостаточность имеющихся в литературе данных не позволяла сделать каких-либо выводов о закономерностях в распределении и распространении бора; поэтому представлялось весьма интересным проследить распространение бора в грязевых вулканах на большом региональном протяжении — от Керченского п-ова до Азербайджана.

Для качественных определений бора, проводимых нами в поле, мы пользовались весьма чувствительной реакцией с хинализарином (Ф. Файгль [32]). Для количественных определений применялся метод Foote [33] в видоизменении Н. В. Тагеевой [30] — титрование борной кислоты раствором едкого натра или барита в присутствии маннита и индикатора фенолрота,— дающий, по нашей проверке, весьма удовлетворительные результаты.

Бор встречен нами во всех без исключения сопочных водах всех обследованных районов. [2] Содержание его весьма разнообразно — от нескольких десятков до нескольких тысяч миллиграммов B_2O_3 на 1 л. Однако, при просмотре всего материала оказывается, что колебания эти не беспорядочны

---

[1] В составе научного руководителя В. А. Сулина, ст. научного сотрудника Л. А. Гуляевой, научного сотрудника Е. С. Иткиной и лаборантов Е. А. Барс и Н. Н. Немченко.

[2] Единственным, известным нам по литературе, исключением является описанная С. П. Поповым Аянская сопка в окрестностях г. Симферополя, в которой автор констатировал отсутствие бора. К сожалению, мы не располагаем материалом по этой весьма нас интересующей сопке (С. П. Попов. Сопочные явления в окрестностях Симферополя. Тр. Крымск. НИИ, т. I, вып. 2, 1922).

Таблица 1

Содержание бора в сопочных водах различных горизонтов (в мг и мг-экв на 1 л)

№ образца	Наименование грязевого вулкана и район его нахождения	Горизонт	B_2O_3 в мг	B_4O_7'' в мг	B_4O_7'' в мг-экв	Σ мг-экв	B_4O_7'' в % от Σ	Характеристика по Пальмеру
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Кубанский район							
49/84	Вулкан Шуго	Нижний мел	1472.0	1641.1	21.14	592.98	3.56	A_1
57/99	Семигорская сопка	То же	1204.16	1342.5	17.29	160.8	10.75	A_1
54/93	Гладковские сопки	»	803.1	995.7	12.8	715.9	1.77	S_2
53/92	Гладковские сопки, центральная сопка	»	806.1	898.72	11.57	700.4	1.65	S_2
	Азербайджан							
39/13	Сев. Астраханка	Мел, юнусдаг	1036.0	1155.4	14.88	—	—	A_1
129/294	Сев. Астраханка	То же	1282.3	1429.7	18.42	203.2	9.06	A_1
52/20	Дамирчи	»	1868.0	2083.6	26.83	228.0	11.77	A_1
90/31	Зап. Набур, Черная Горка, грифон № 1 (1935 г.)	Коун	509.1	557.6	7.31	—	—	A_1
143/308	Зап. Набур, Черная Горка (1936 г.)	То же	470.2	—	—	—	—	A_1
227/103	Боз-даг Кобийский	»	579.7	646.3	8.32	294.2	2.82	A_1
	Керченский район							
2/2	Булганакский вулкан, сопочное поле № 3	Майкоп	5165.09	5758.5	74.17	998.0	7.43	A_1
22/28	Булганакский вулкан, сопочное поле № 9	То же	1515.9	1690.0	21.9	398.9	5.49	A_1
14/20	Маякский вулкан	»	1146.7	1278.4	16.47	324.8	5.07	A_1
28/34	Тарханская группа	»	1389.4	1549.0	19.95	408.8	4.88	A_1
7/8	Бурашская группа	»	817.5	911.4	11.74	397.6	2.95	A_1
	Грузия							
112/244	Аладжиги	Майкоп	173.25	193.1	2.49	363.0	0.686	A_1
113/245	Аладжиги, сев. группа, зап. сопочное поле	То же	116.2	129.6	1.67	352.8	0.473	A_1
110/192	Пховели, зап. вулканы	(Кинта)	143.6	160.0	2.06	930.8	0.221	S_2

	Азербайджан							
134/50	Сев. Иланлы	Майкоп	1243.4	1386.2	17.86	278.0	6.42	A_1
138/54	Южн. Иланлы	То же	644.3	718.3	9.25	—	—	A_1
142/307	Зап. Набур, «нарзанный» ист. № 7	»	722.5	805.5	10.37	257.2	4.03	A_1
138/303	Зап. Набур, сопка № 7 (бывш. нефтяная)	»	552.8	586.2	7.55	284.2	2.66	A_1
137/302	Зап. Набур, H_2S-ист. № 2	»	472.3	526.5	6.77	—	—	A_1
203/371	Ахтарма Нардаранская, группа 11 (№ 1)	»	830.0	925.4	11.92	674.8	1.77	A_1
180/348	Чеил-даг, зап. группа сопок, зап. сопка	»	312.7	348.6	4.49	350.2	1.28	A_1
181/349	Чеил-даг, южн. поле сопок, диапир. ядра	»	481.4	536.7	6.91	300.6	2.29	A_1
196/364	Агдамское сопочное поле, сопка IV	»	701.5	782.1	10.07	410.0	2.45	A_1
195/365	Агдамское сопочное поле близ сопки IV, грифон № 2	»	934.05	1041.3	13.41	444.8	3.01	A_1
149/314	Вост. Набур, сопка IV	»	1206.2	1344.8	17.32	328.2	5.28	A_1
	Керченский район							
30/40	Солдатская группа	Сармат, чокрак	97.94	109.2	1.41	294.2	0.48	A_1
	Таманский район							
60/114	Гора к востоку от горы Васюринской	Нижний сармат	193.2	215.4	2.77	476.9	0.58	A_1
67/121	Сев. Пекло, зап. H_2S-ист.	Сармат	113.2	126.2	1.63	273.2	0.60	A_1
	Грузия							
106/235	Полпой-теби, самый вост. грифон	Нижний сармат	176.8	197.1	2.54	577.0	0.44	A_1
104/236	Тюльки-тапа, южн. грифон № 2	Средний сармат	194.7	217.0	2.79	443.08	0.63	A_1
122/278	Тюльки-тапа, самый сев. грифон № 11	То же	193.05	215.2	2.77	497.0	0.56	A_1
	Азербайджан							
82/87	Шор-сулы	Диатомовые слои	544.2	606.7	7.81	—	—	—
80/25	Шор-сулы	То же	385.7	430.0	5.54	356.0	1.55	A_1
120/46	Южн. Джагирлы	»	548.1	611.0	7.87	—	—	—
154/318	Южн. Джагирлы	»	798.5	890.0	11.47	330.0	3.47	A_1
190/358	Календер-тепе	»	318.1	354.6	4.57	214.4	2.13	A_1
224/100	Вулкан-Вирта	Диатом. или чокрак	282.3	314.7	4.05	242.4	1.67	A_1
225/101	Вулкан-Вирта	То же	267.4	298.1	3.84	—	—	—
156/61	Мишов-даг, нефтяная балка, сопочное озеро	Продуктивная толща	72.3	80.6	1.04	—	—	S_2

Продолжение табл. 1

№ образца	Наименование грязевого вулкана и район его нахождения	Горизонт	B_2O_3 в мг	B_4O_7'' в мг	B_4O_7'' в мг-экв	Σ мг-экв	B_4O_7'' в % от Σ	Характеристика по Пальмеру
1	2	3	4	5	6	7	8	9
201/87	Баба-даг, вост. вершина, застойное озерко, не газирующее	Продуктивная толща	1794.7	2000.9	25.77	2248.6	1.14	A_1
207/88	Баба-даг, вост. вершина, бурно газирующее озерко	То же	698.9	779.2	10.04	342.8	2.92	A_1
212/91	Дышгил, центр. группа	»	391.2	436.1	5.62	593.2	0.94	A_1
239/107	Шор-булах	»	116.8	130.22	1.67	380.2	0.44	A_1
242/110	Шор-булах	»	190.9	212.8	2.74	—	—	—
220/98	Ахтарма отман-боздагская	»	33.7	37.5	0.48	3218.8	0.014	S_2
216/96	Ахтарма отман-боздагская	»	120.5	134.3	1.73	327.0	0.52	A_1
216/94	Ахтарма отман-боздагская	»	111.5	124.3	1.60	366.4	0.44	A_1
221/99	Пиль-пиля	»	967.8	1079.0	13.90	523.3	2.65	A_1
245/113	Гюльбахт	»	89.0	99.2	1.28	262.6	0.48	A_1
240	Ах-гевир	»	234.06	260.9	3.36	1002.8	0.33	S_2
167/335	Больш. Харами, вост. сопочное поле	»	199.9	222.8	2.87	823.6	0.35	A_1
171/339	Мал. Харами, юго-вост. поле, сопка II, грифон 1	»	212.2	236.6	3.05	812.4	0.35	S_2
	Грузия							
98/229	Кила-купра, сопка № 5	Ширакская толща	69.7	77.6	1.00	1252.8	0.079	S_2
99/230	Кила-купра, вост. поле, зап. сопка № 7	То же	24.3	—	—	—	—	—
116/248	Мирзанская сопка, сев. озеро № 4	»	87.15	97.2	1.25	1014.8	0.123	S_2
115/247	Мирзанская сопка	»	69.7	77.71	1.00	897.4	0.111	S_2
92/223	Ахтала, сопка № 1	Акчагыл	249.0	277.6	3.58	396.8	0.90	A_1
87/28	Южн. Курбанчинская сопка	То же	99.7	111.6	1.44	384.6	0.37	A_1
	Азербайджан							
162/65	Малый Мишов-даг	Апшерон	226.1	252.07	3.23	—	—	—
175/343	Большой Мишов-даг, центральн. сопка, сев. озерко	То же	149.7	166.9	2.15	655.0	0.33	A_1
145/56	Отман-бозы-даг	»	352.2	392.6	5.06	—	—	—
78	Хидырлы, сев. группа	»	116.2	129.5	1.67	3681.4	0.045	S_2
176/344	Давали-даг, вода из воронки на дне кратера	»	672.3	749.5	9.65	334.0	2.89	A_1

и что они связаны прежде всего с геологическим возрастом пород, на которых сидит вулкан и которые принимают участие в эруптивном его аппарате. В табл. 1 приводятся результаты исследования, расположенные сообразно возрасту пород, несущих на себе вулканы (по данным начальника экспедиции С. Ф. Федорова и геолога В. А. Сулина).

Из приведенных в табл. 1 данных (графа 4) видно, что для ряда горизонтов содержание бора в сопочных водах является величиной характерной, достаточно резко выделяющей их среди вулканов, сидящих на породах других возрастов, и часто выдерживающейся на большом региональном протяжении. Так, повышенное содержание B_2O_3 обнаруживают все меловые вулканы (свыше 1000 мг/л), вулканы коуна (около 500 мг/л) и большая часть майкопских (свыше 1000 мг/л по Керченскому району, несколько ниже для Азербайджана и 116.2—173.25 мг/л для Грузии). Для вулканов сармата, продуктивной и ширакской толщи характерны невысокие содержания B_2O_3 (ниже 100 мг B_2O_3 для ширакской толщи, около 100—200 мг для продуктивной, с некоторыми исключениями, и 97.94 — 194.7 мг для сармата). И наконец, в вулканах диатомовых и апшеронских отмечаются резко колеблющиеся цифры для B_2O_3, не позволяющие говорить о какой-либо характерной для вулканов этих горизонтов величине.

Среди вулканов майкопа и продуктивной толщи имеются, однако, резкие отклонения от средних цифр как в сторону повышенного, так и пониженного содержания бора. Некоторые из этих колебаний, видимо, связаны с географическим положением вулкана. Так, резко пониженное содержание B_2O_3 обнаруживают вулканы майкопа Грузии — всего от 116.3 до 173.25 мг B_2O_3 на 1 л. Вулканы майкопа Керченского района, наоборот, показывают наиболее высокое содержание B_2O_3 среди всех майкопских вулканов. Таким образом, помимо стратиграфических колебаний в содержании B_2O_3, следует отметить и региональные колебания, характеризующие собой наличие областей, относительно богатых бором или относительно бедных им.

Среди майкопских вулканов Азербайджана пониженное содержание бора показывают вулканы Зап. Набур и Чеил-даг. Для объяснения этих отклонений следует учесть, что различные грифоны вулкана расположены на породах различных возрастов. Самые восточные грифоны вулкана Зап. Набур сидят на коунской Черной Горке — холме около 5 м высотой, покрытом сопочной брекчией; отсюда взяты обр. 90/31 и 143/308 (509.1—472.9 мг B_2O_3). К западу от Черной Горки, уже на майкопских породах, расположен ряд бурно газирующих озер — «нарзанов» (обр. 142/307, содержащий 722.5 мг B_2O_3); к северу от них, по перемятым майкопским отложениям по линии сброса, отделяющей майкоп от диатомовых, тянется ряд выходов воды, газов и грязи (обр. 138/303, содержащий 552.8 мг B_2O_3), заканчивающихся небольшим сероводородным источником (обр. 137/302, содержащий 492.3 мг B_2O_3); наконец, к западу от сероводородного источника 137/302 на расстоянии нескольких десятков метров имеется выход сероводородного источника, отлагающего большое количество солей и серы, с небольшим дебитом; содержание B_2O_3 в этом источнике 162.0 мг/л. Выход его лежит уже в диатомовых слоях.

Здесь колебания в содержании бора тесно связаны с изменением пород: наименьшее содержание бора обнаруживает западный сероводородный источник, выходящий из диатомовых слоев; постепенное нарастание содержания бора отмечается по мере продвижения по майкопским отложениям по направлению к «нарзанам», в которых содержание B_2O_3 достигает своего максимума, и в коунской Черной Горке вновь наступает некоторое понижение содержания бора.

Те же явления наблюдаются в вулкане Ахтарма Нардаранская. Для Ахтармы Нардаранской в табл. 1 в разделе майкопских вулканов приведена лишь цифра для группы 11, сидящей на выходах майкопа. Здесь содержа-

ние B_2O_3—830.0 мг/л — нормальное для Азербайджанского майкопа. Но Ахтарма Нардаранская — большой вулкан, имеющий ряд разбросанных выходов газа и грязи с водой. Была обследована также группа 13 выходов, расположенных к северо-западу от группы 11, на расстоянии около 1 км. Здесь эти грифоны сидят на поле сопочной брекчии, края которой граничат не с майкопскими, а с диатомовыми и спириалисовыми породами. Содержание бора (B_2O_3 в мг л) характеризуется в группе 12 следующими цифрами: № 6—58.1; № 5—147.7; № 4—195.2.

Здесь снова отмечается понижение содержания бора, и этому понижению также соответствует смена пород — переход от майкопских к диатомовым и спириалисовым слоям.

Вулкан Чеил-даг также дает несколько пониженное содержание бора. В поле деятельности этого вулкана тоже отмечается сложная геологическая обстановка: выходы майкопских пород, спириалисовых и продуктивной толщи. Исследованные образцы взяты из грифонов, сидящих на майкопе (содержание B_2O_3 в обр. 180/348 равно 312.7 и в обр. 181/349 составляет 481.4 мг/л); содержание B_2O_3 в образце, взятом из грифона, сидящего на спириалисовых слоях (обр. 179 347, юго-восточный склон горы, восточное верхнее озерко-грифон) составляет 239.11 мг/л. Таким образом, и здесь мы имеем ту же картину: более высокое содержание бора в майкопских грифонах и более низкое — в спириалисовых. Для объяснения же относительно низкого содержания бора в майкопских грифонах Чеил-дага требуется более детальное гидрологическое и химическое исследование; без этих данных вопрос пока остается открытым.

Среди вулканов, сидящих на продуктивной толще, как уже было указано, резко выделяются по своим повышенным цифрам вулканы Баба-даг (Делянгиз) и Пиль-пиля (Отман-бозы-дагская). Особенно высоко содержание B_2O_3 в обр. 201/87 (одного из грифонов Баба-дага): 1794.7 мг л. Однако, это повышение легко находит себе объяснение при рассмотрении характера грифона, из которого был взят образец. Восточная вершина Баба-дага представляет собою обширный круглый кратер в несколько десятков метров в диаметре, окруженный валом высотою около 20 м. Дно кратера совершенно плоское и сплошь покрыто белым налетом солей. На этом плоском дне имеются два озерка. Первое (обр. 201/87) лежит на дне воронки диаметром около 4 м, с краями, сложенными сопочной брекчией и покрытыми белым налетом солей. Озерко заполнено прозрачной желтоватой водой, совершенно не газирует и не обнаруживает никаких признаков деятельности. Отсутствие деятельности и высокая минерализация воды убеждают в том, что здесь происходит естественное поверхностное концентрирование воды — в главной массе, вероятно, дождевой — смывающей и несущей в этот застойный бессточный бассейн содержащиеся в брекчии соли. Однако, и второе озерко (обр. 207/88), бурно газирующее и со слабым стоком, также дает повышенное содержание B_2O_3 (698.9 мг на 1 л).

Здесь следует отметить имеющий существенное значение факт нахождения в выбросах большинства вулканов, сидящих на продуктивной толще, пород гораздо более древних — майкопских и даже меловых. По исследованиям П. П. Авдусина лишь Малый Харами и Юркины Сальзы в своих выбросах дают породы только продуктивной толщи. Особенно интересно отметить, что содержание B_2O_3 в воде Малого Харами равно 212.2 мг/л, т. е. отвечает среднему содержанию бора в вулканах продуктивной толщи. Брекчии Баба-дага и Пиль-пиля не были исследованы петрографически, но повышенное содержание в них бора заставляет думать, что каналы вулкана, пронизывая продуктивную толщу, достигают серии пластов с высоким содержанием бора. Такими сериями могут быть или отложения подкирмакинской свиты, в которой, как увидим ниже, были обнаружены воды с весьма значительным содержанием бора, или отложения майкопа.

Таким образом, во всех изложенных фактах обнаруживается тесная связь между содержанием бора в вулканах и возрастом пород, слагающих сопочную грязь, т. е. обнаруживается стратиграфическая закономерность в распределении бора.

Естественно возникает вопрос, не зависят ли все отмеченные колебания в содержании бора в водах грязевых вулканов от химического их состава, и прежде всего — от степени их минерализации. Для решения этого вопроса обратимся снова к табл. 1. Здесь в графе 5 дано содержание бора в миллиграммах B_4O_7'' на 1 л, в графе 6 — в миллиграмм-эквивалентах того же B_4O_7'' на 1 л, а в графе 7 — сумма миллиграмм-эквивалентов химических компонентов воды, получаемая при обычном вычислении пальмеровских характеристик, по данным геохимической лаборатории ИГИ АН; в графе 8 дано количество миллиграмм-эквивалентов B_4O_7'' в процентах от всей суммы миллиграмм-эквивалентов.

Рассмотрение граф 6 и 7 табл. 1 показывает, что колебания в содержании бора не зависят от изменения минерализации. Так, среди меловых вулканов наиболее высокое содержание бора обнаруживает вулкан Дамирчи, хотя его минерализация (т. е. сумма миллиграмм-эквивалентов) значительно ниже, например, минерализации Гладковских сопок; как раз эти наиболее высоко минерализованные сопки дают для содержания бора самую низкую цифру. Отсутствие параллелизма между повышением минерализации и содержанием бора подтверждается цифрами графы 7: чем выше минерализация воды, тем ниже процентное содержание бора в общей массе солей.

К тому же выводу приводит и рассмотрение минерализации сопочных вод по другим горизонтам. Особенно отчетливо это выступает при сопоставлении высоко минерализованных вод ширакской толщи и некоторых образцов продуктивной толщи (обр. 240, 220 98, 98/229, 115/247 и др.) с минерализацией, близкой или даже превышающей 1000 мг-экв, с майкопскими вулканами, минерализация которых обычно 300—400 мг-экв, а содержание B_2O_3 в несколько раз выше содержания B_2O_3 в вулканах продуктивной толщи.

Однако, в различных грифонах одного и того же вулкана можно встретить изменения в содержании бора, идущие более или менее параллельно изменениям минерализации. Сопочные воды (или грязи) в спокойные периоды деятельности вулкана вообще обладают малым дебитом и ничтожным стоком. В грифонах различной формы могут создаться различные условия поверхностного существования сопочных выделений; так, лужеобразный грифон с относительно большой поверхностью будет концентрировать (вследствие выпаривания, например) свои воды быстрее, чем грифон с узким горлом, в котором вода не застаивается и периодически переливается. Пример такого поверхностного концентрирования можно видеть в обр. 2 2 Булганакского вулкана: этот грифон-озерко содержит необычно высокое количество бора; однако, минерализация его столь же необычно высока, и это повышение в обоих случаях может быть объяснено поверхностным концентрированием.

Процентное содержание B_4O_7'', вычисленное от всей суммы миллиграмм-эквивалентов (т. е. относительное содержание бора), является хотя и колеблющейся, но все же довольно характерной величиной для каждого горизонта. Максимальных значений эта величина достигает в меловых вулканах (11.77); она высока также для майкопских вулканов Керчи и Азербайджана (максимум равен 7.43), для диатомовых (до 3.47), для коупа (до 2.82). Для этих горизонтов эта величина всегда выше единицы. Для вулканов грузинского майкопа, сармата, продуктивной и ширакской толщи она ниже единицы, достигая наименьших значений в ширакской и продуктивной толщах, где исключением являются опять вулканы Баба-дага и Пиль-пиля.

Но даже и в этих толщах она держится на уровне десятых долей процента, т. е. всюду бор занимает довольно значительное место в массе минеральных компонентов вод грязевых вулканов.

В табл. 1 не приводятся химический состав и пальмеровские характеристики вод грязевых вулканов, [1] в графе 9 этой таблицы значками A_1, S_2 обозначено только, относится ли вода к классу щелочных (A_1) или к классу жестких (S_2) вод, т. е. обладает ли она по характеристике Пальмера первичной щелочностью или вторичной соленостью.

Подавляющее большинство вод грязевых вулканов — первично-щелочные; лишь немногие из них жесткие. Интересно отметить, что по каждому горизонту именно эти жесткие воды обладают наибольшей минерализацией и именно в них относительное содержание бора наименьшее. Среди меловых вулканов с жесткими водами отметим: Гладковские сопки, вулкан Пховели среди вулканов майкопа Грузии, Ахтарма отман-боздагская, Ах-зевир, Малый Харами среди вулканов продуктивной толщи; ширакские вулканы Грузии; Хидырлы среди апшеронских вулканов. Однако, абсолютное содержание B_2O_3 в этих жестких водах не отличается резко от содержания его в щелочных сопочных водах тех же горизонтов. Только по меловым вулканам (Гладковские сопки) и апшеронским (Хидырлы) можно говорить о понижении абсолютного содержания бора в жестких водах. Воды гладковского и хидырлынского вулканов отличаются наибольшей вторичной соленостью: для хидырлынского она равна 27.42%, а для гладковского 17.96—20.82%; для других же жестких вод она не превышает 9.2%. Известно, что бораты щелочных земель не растворимы (или очень трудно растворимы) в воде. Поэтому естественным казалось искать объяснение пониженному содержанию бора в жестких водах в невозможности существования растворов этих боратов. Но на примере Гладковских сопок, в которых содержание B_2O_3 доходит до 893.1 мг/л, видно, что растворимость борнокислых соединений в жестких водах может быть значительной.

В литературе известны примеры существования еще более жестких и минерализованных вод с весьма высоким содержанием бора. Таково, например, Чокракское озеро, в котором В. И. Николаев и С. К. Косман [25] нашли 0.47% буры, т. е. около 3000 мг B_2O_3 на 1 л. Поэтому вопрос о влиянии характеристики воды на содержание в ней бора остается пока открытым; здесь требуется экспериментальное изучение растворимости боратов в растворах солей различного состава. Во всяком случае очевидно, что в жестких водах бор содержится не в виде буры, а в виде каких-то других соединений — скорее всего в виде свободной метаборной кислоты. (Нами принято выражение эквивалентных количеств борнокислых соединений в виде ионов тетраборной кислоты, так как присутствие ее солей вероятно для большинства сопочных вод с их резкой щелочной реакцией. Для удобства сопоставлений мы сохраняем это же выражение и для жестких вод.) Вопрос осложняется еще тем обстоятельством, что, повидимому, самое формирование жестких вод связано со степенью их минерализации (В. А. Сулин), так что относительное понижение содержания бора в жестких водах может произойти просто за счет общего повышения минерализации воды, причем абсолютное содержание бора оказывается не пониженным. Такое явление наблюдается для жестких вод вулканов продуктивной толщи Азербайджана; так, вулканы Ах-зевир и Малый Харами содержат в своих жестких водах B_2O_3 свыше 200 мг/л — цифры, отнюдь не пониженные для вулканов продуктивной толщи; однако, относительное содержание бора в этих водах понижено вследствие высокой общей минерализации воды.

Значительный интерес представляет вопрос о том, является ли бор элементом специфическим именно для вод грязевых вулканов данного района,

[1] Детальный разбор гидрохимии грязевых вулканов дается в работах В. А. Сулина.

или же в том же районе встречаются и иные борсодержащие природные воды. Прежде всего интересны с этой точки зрения буровые воды нефтяных месторождений, в районе которых расположены грязевые вулканы. По имеющимся в настоящее время литературным данным (главным образом, работы Н. В. Тагеевой и С. Г. Цейтлин [31]) и на основании некоторых наших исследований, можно утверждать, что бор для нефтяных вод столь же обязательный элемент, как, например, иод и бром. Н. В. Тагеевой, а затем С. Г. Цейтлин приводятся результаты определения бора в нефтяных водах Азербайджана, Дагестанских Огней, Урало-Эмбенского и Новогрозненского районов. Содержание бора иногда довольно высоко. В табл. 2 приводятся некоторые данные, касающиеся содержания бора в нефтяных водах.

Как видно из приведенных в табл. 2 данных, содержание бора в нефтяных водах может достигать весьма значительных величин.

Наиболее изучены нефтяные воды Бакинского района. С. Г. Цейтлин исследованы были многочисленные образцы буровых вод с промыслов им. Орджоникидзе, им. Азизбекова и им. Микояна.

Пределы колебаний в содержании бора по различным промыслам видны также из табл. 2. Характерно, что по этим данным содержание бора в нефтяных водах продуктивной толщи нисколько не уступает его содержанию в водах грязевых вулканов того же горизонта, т. е. от нескольких десятков (Пута) до 452.0 мг/л (пром. им. Микояна). Сопоставление содержания бора в нефтяных водах с минерализацией приводит к выводу, уже сделанному для вод грязевых вулканов: оно и здесь не зависит от минерализации; так, сильно минерализованные воды верхних отделов продуктивной толщи содержат бора гораздо меньше, чем слабо минерализованные воды нижних отделов, как это видно из обр. 175/56 и 176/57 (Путинский район) и обр. 179/60 и 180/61 (пром. им. Микояна). Соответственно изменению общей минерализации вод меняется и относительное содержание в них бора; процентное содержание B_4O_7'', вычисленное от суммы миллиграмм-эквивалентов, меняется от 0.023 для верхних отделов продуктивной толщи до 0.83 для нижних, т. е. опять-таки отвечает данным, получаемым для вод грязевых вулканов. Таким образом, характерные особенности содержания и поведения бора в нефтяных водах продуктивной толщи полностью совпадают с особенностями содержания и поведения его в водах грязевых вулканов того же горизонта.

По другим горизонтам и районам, к сожалению, имеется слишком мало данных для сопоставления нефтяных вод с водами сопочными. Можно все же указать на Чонгелекскую скважину, дающую нефть с водой, в которой содержание B_2O_3 достигает 770.0 мг/л, т. е. немногим отличается от содержания бора в сопочных водах керченского майкопа. К сожалению, не известно ни точное расположение скважины, ни горизонт ее забоя (возможно, майкоп). В Грузии вода из скв. № 2 Тарибанского промысла (ширакская свита) также содержит бора столько же, сколько его имеется в сопочных водах ширакской свиты. Весьма интересно отметить, что, насколько можно судить по имеющимся данным, в распределении бора в водах, сопровождающих нефть в продуктивной толще, наблюдается определенная закономерность: содержание бора меняется по горизонтам, возрастая с глубиной. Такая же закономерность отмечается по промыслу им. Орджоникидзе, где содержание B_2O_3, равное в горизонте II—IIa 87.9 мг/л, достигает в горизонте VII 451.3 мг/л; на промыслах им. Микояна и в Путинском районе содержание его меняется от 33.7 мг/л в горизонте III до 234.6—452.0 мг/л в горизонте VIII (табл. 2).

Сопоставляя эти данные с содержанием бора в сопочных водах, приходится заключить, что в сопочных водах не наблюдается никакого специфического накопления бора по сравнению с нефтяными водами тех же горизонтов. В настоящее время в Баку ведутся большие работы по исследо-

Таблица 2

Содержание B_2O_3 в нефтяных водах (в мг на 1 л)

№ образца	Место взятия образца	B_2O_3 в мг	B_4O_7'' в мг	B_4O_7'' в мг-экв	Σ мг-экв	B_4O_7'' в % от Σ	Аналитик
—	Стерлитамак, скв. глуб. 804 м	414.7	—	—	—	—	Тагеева, Цейтлин, Морозова
—	Дагестанские Огни, скв. № 6, глуб. 264 м	369.7	—	—	—	—	Цейтлин,
—	Дагестанские огни, скв. № 3, глуб. 300 м	252.8	—	—	—	—	Цейтлин
—	Керченский р-н, Чонгелекский нефт. промысел, вода из буровой скважины, поднимаемая желонкой вместе с нефтью	770.0	—	—	—	—	Бекетов
—	О-в Челекен, скв. № 200	51.65	—	—	—	—	Тагеева
—	Новогрозненский р-н, скв. № 4/14, пласт I, глуб. 448.9 м.	36.85	—	—	—	—	Цейтлин
—	Новогрозненский р-н, скв. № 5/22, пласт. XXIII, глуб. 1390 м	319.42	—	—	—	—	Цейтлин
—	Бакинский р-н, пром. им. Орджоникидзе, скв. № 7317, гор. II — IIa, глуб. 614.5 м	87.9	—	—	—	—	Цейтлин
—	Бакинский р-н, пром. им. Орджоникидзе, скв. № 76617, гор. VII, глуб. $\frac{998.5}{1273}$ м	451.3	—	—	—	—	Цейтлин
175/56	Бакинский р-н, Пута, скв. № 12, гор. III, глуб. 470 м.	33.7	36.79	0.47	2058.8	0.023	Гуляева
176/57	Бакинский р-н, Пута, скв. № 101, гор. V, глуб. 722.0 м	71.0	79.16	1.02	1326.2	0.077	Гуляева
—	Бакинский р-н, пром. им. Микояна, скв. № 30, гор. VIII, глуб. 951.5 м	234.6	—	—	—	—	Цейтлин
179/60	Бакинский р-н, пром. им. Микояна, скв. № 40, гор. VIa, глуб. 610 м	157.0	175.04	2.25	812.6	0.27	Гуляева
—	Бакинский р-н, пром. им. Микояна, скв. № 21, гор. VIII, глуб. 951.5 м	452.0	—	—	—	—	Цейтлин
—	Бакинский р-н, пром. им. Азизбекова, скв. № 52, сураханская свита, глуб. 578 м	4.2	—	—	—	—	Цейтлин
139/261	Грузия, Тарибани, скв. № 2, ширакская свита	82.5	91.98	1.18	1780.4	0.066	Гуляева

ванию содержания бора в нефтяных водах. По сообщению Кон, содержание бора в водах подкирмакинской свиты в Сураханах достигает свыше 1000 мг B_2O_3 на 1 л; причем количества его возрастают с глубиной, достигая своего максимума в низах свиты. Этот факт еще раз подчеркивает отсутствие специфического накопления бора в грязевых вулканах, а закономерное распределение бора приводит к выводу, что при детальном изучении его распространения бор может служить хорошим геохимическим коррелятивом, давая характерные величины для определенных горизонтов.

В связи с фактом постоянного наличия бора в нефтяных и сопочных водах были подвергнуты также исследовнию на бор некоторые природные источники, пресные и минеральные.

Бор чрезвычайно широко распространен в природных водах. Исследованные источники относятся к различным горизонтам, имеют различную минерализацию и различный химический состав и все-таки все они в том или ином количестве содержат бор. Эти количества довольно разнообразны, они колеблются от долей миллиграмма до 20.0 мг B_2O_3 на 1 л. Ограниченность материала не позволяет сделать каких-либо выводов о связи между содержанием в воде бора и геологическим возрастом. Но некоторые явления, отмеченные уже для поведения бора в нефтяных и сопочных водах, отмечаются и здесь. Так, в водах источников также отсутствует прямая связь между минерализацией и содержанием бора: два наиболее минерализованных родника — апшеронский Гездекский родник и Джагерлинский сероводородный источник обладают приблизительно равной минерализацией (для Гездекского родника имеется лишь неполный полевой анализ, почему сумму миллиграмм-эквивалентов нельзя было вычислить), но содержание B_2O_3 в Гездекском роднике почти в 4 раза меньше, чем в Джагерлинском роднике.

Даже и эти ограниченные сведения показывают, насколько широко распространен бор в природных водах. Это подтверждается также работой Н. В. Тагеевой [31], производившей исследования на бор в соленых источниках Северного края, Среднего Урала, Башкирии и Голодной степи. В исследованных ею 16 источниках бор найден всюду в количествах от 1.0 до 432.96 мг B_2O_3 на 1 л. Характерно, что и в этих источниках не наблюдается строгой зависимости между степенью минерализации и содержанием бора. Для иллюстрации приведем из работы Н. В. Тагеевой несколько примеров (табл. 3).

Таблица 3

Независимость содержания бора от степени минерализации

Место взятия пробы	Минерализация в г/л	B_2O_3 в г/л	B_2O_3 в % по весу минерал. части раствора
Северный край			
Источник Солониха (Солигалич)	20.98	0.008	0.0381
Сев. Урал	12.91	0.009	0.0697
Усолье, источник № 1	40.00	0.008	0.0200
Голодная степь			
Чуилийские горы	0.33	0.007	2.1212
Чуилийские горы	1.36	0.008	0.5882

Как видно из приведенных примеров, источники с весьма близким содержанием бора от 7.0 до 9.0 мг/л обнаруживают весьма большие колебания в минерализации — от 0.33 до 40.0 г/л, что в свою очередь ведет к резким колебаниям в относительном содержании B_2O_3.

Все приведенные разнообразные источники приурочены к осадочным сериям. Содержание бора в источниках осадочного происхождения известно не только для СССР, но и для других стран. Так, M. Dieulafait [15, 16, 17] еще в прошлом столетии констатировал присутствие бора в соленых источниках ряда областей Франции и в Сахаре. В Италии R. Nasini [24] нашел в соленом источнике Salso maggiore 7.0 мг B_2O_3 на 1 л. В источниках Венгрии и Германии также обнаружен бор [14]. Бор, следовательно, отнюдь не является «редким» элементом для вод, связанных с осадочными породами, и отсутствие указаний на его наличие в большинстве анализов, вероятно, объясняется просто тем, что исследования на бор не производились.

Минеральный состав всех этих источников обусловлен выщелачиванием пород, через толщи которых они проходят; источником же для солевого состава осадочных пород является тот бассейн, в котором они были отложены. Поэтому большой интерес представляют данные о содержании бора в морской воде и в осадочных породах. О нахождении бора в морской воде известно уже давно; еще в 80-х годах прошлого столетия это установлено Dieulafait [23] для Средиземного моря. Еще раньше его Veatch качественно обнаружил бор в морской воде вдоль берегов Сан-Диего.

В настоящее время имеется уже ряд количественных определений бора в различных морях (табл. 4).

Таблица 4

Содержание бора в морской воде

Место взятия образца	B_2O_3 в мг/л	Аналитик	Лит.
Средиземное море	0.20	Dieulafait	3
Берега С. Калифорнии	14.5	Moberg и Harding	[23
Плимут	16.0	Kurt Buch	[4
Северное море	15.0		
Каттегат № 2	10.3		
Каттегат № 1	5.4		
Японское море	12.77	Т еева, Цейтлин, Морозова	[11]
Баренцово море	12.53		
Каспийское море	5.0		
Атлантический океан	15.18	Rakstrow и Mahncke	[29]

Как видно из таблицы, содержание бора в морской воде достигает значительной величины, во много раз превышая, например, содержание в ней иода. Колебания в содержании бора в различных морских бассейнах довольно велики, но несомненно, что бор является постоянным компонентом морской воды.

Содержание бора в осадочных породах исследовано чрезвычайно слабо. Впервые серьезно занялся изучением распространения бора в горных породах V. M. Goldschmidt [10] в 1932 г. Его исследованиями установлен замечательный факт весьма высокого содержания бора в осадочных породах и чрезвычайной бедности бором пород изверженных. Так, в ряде исследованных им изверженных пород — сиенитов, гранитов, базальтов, андезитов и др. — из различных частей света V. M. Goldschmidt нашел ничтожное содержание бора, не превышающее 0.001 %; в древних же морских глинистых осадках содержание B_2O_3 достигало 0.1—0.5%. Современные морские илы оказались беднее бором, но и в них содержится B_2O_3 от 0.01 до 0.05%, т. е.

также значительно больше, чем в породах изверженных. На основании полученных им данных V. M. Goldschmidt приходит к выводу, что бор является типичным морским, «талассофильным» элементом и что древние моря были более богаты бором, чем современные: на протяжении геологических эпох происходило постепенное обеднение бором морской воды.

Процесс обогащения морского осадка бором V. M. Goldschmidt представляет себе связанным с двумя возможными процессами: увлечением бора в осадок образующимися железистыми минералами и концентрированием его в органическом веществе. Действительно, исследованные им 19 образцов морских руд Германии, Лотарингии и Англии содержали в среднем 0.05% B_2O_3 (так же как и глауконитовые пески и шамозит), озерные же руды Финляндии оказались или совсем лишенными бора, или же содержали его не свыше 0.001%. Его данные подтверждаются также исследованиями Swen Palmquist [26] в Южной Швеции. [1]

Данные о содержании бора в морских организмах очень немногочисленны. Содержание бора в сухом веществе различных водорослей достигает 0.01—0.04% (А. П. Виноградов [6]), составляя до 1.0% золы (Goldschmidt [10]), например, в золе *Laminaria saccharina* и *Fucus vesiculosus*. В твердых частях некоторых кораллов (*Lophohelia anthophyllides* и *Amphihelia oculata*) V. M. Goldschmidt нашел до 0.1% B_2O_3, в золе спонгинового скелета губок — 0.5%, а в радиоляриевом и глобигериновом илу — 0.05% B_2O_3. Качественно присутствие бора было установлено Forschhammer в *Zostera* (А. П. Виноградов [6]). Эти немногочисленные пока наблюдения все же указывают на способность ряда морских организмов концентрировать в себе бор и подтверждают мысль V. M. Goldschmidt о возможности обогащения морского осадка бором этим путем.

Из приведенных данных видно, что значительная часть бора в осадочной породе должна находиться не в форме водно растворимых соединений, как в морской воде, а что он или входит в состав каких-то органических соединений, или же адсорбируется коллоидными морскими осадками.

Возможно также, что при формировании из осадка породы будут протекать химические процессы, приводящие к образованию трудно растворимых минеральных соединений бора. Отсюда ясно, что для последующего выщелачивания бора из породы большое значение должны иметь такие факторы, как скорость дренажа, другими словами — длительность обработки породы данным объемом воды, реакция воды, ее температура, давление.

Для нас прежде всего представляют интерес первые два фактора, т. е. скорость дренажа и реакция воды. При прохождении воды через засоленную породу в первую очередь, очевидно, будут извлекаться легкорастворимые соли, в том числе и водно растворимые бораты; вместе с тем будет происходить и медленное выщелачивание труднорастворимых соединений бора. В этом случае относительное содержание бора в общей массе солей, извлекаемых из засоленной породы, очевидно, будет невелико.

После того как из породы будут вымыты легкорастворимые соли, сохранившиеся в породе труднорастворимые соединения будут играть в формировании химического состава воды гораздо более значительную роль. Этим путем может произойти относительное обогащение слабо минерализованной воды бором при его низких абсолютных значениях. В качестве примера можно привести некоторые из анализов Н. В. Тагеевой (табл. 5).

---

[1] Возможность выделения боратов непосредственно из морских рассолов высоких концентраций, в последних стадиях кристаллизации усыхающего морского бассейна, показана и изучена Вант-Гоффом в Стассфуртском калийном месторождении. Однако нет никаких указаний на существование в изучаемых нами районах следов таких высококонцентрированных бассейнов. Столь же резко отлична от обстановки грязевых вулканов и геохимическая обстановка Индерского борного месторождения у нас в Союзе.

Таблица 5

№	Местонахождение источника	Минерализация в г/л	B_2O_3 в % по весу минер. части раствора	B_2O_3 в г/л
39	Источник Кара-булак	323.37	0.0228	0.07373
44	Голодная степь, Чуилийские горы	0.33	2.1212	0.007

Здесь это относительное обогащение бором слабо минерализованного Чуилийского источника выступает весьма отчетливо: в нем относительное содержание бора почти в 100 раз выше, чем в источнике Кара-булак, и далеко превышает относительное содержание бора в морской воде, в которой, по данным Н. В. Тагеевой, оно равно 0.0365—0.0543% (для морей Каспийского, Японского и Баренцова [31]).

Такую же картину относительного обогащения бором мы имеем и в исследованных нами родниках. В наших определениях для суждения об относительном содержании в воде бора взят процент миллиграмм-эквивалентов B_4O_7'', вычисленный от суммы миллиграмм-эквивалентов химических компонентов воды. Относительное содержание бора в морской воде (океан), вычисленное тем же способом, равно 0.0165%. Исследованные нами источники все обладают невысокой минерализацией; многие из них являются питьевыми, в них также наблюдается повышение относительного содержания бора по сравнению с морской водой (0.052—0.256% B_4O_7'').

Сильнейшее влияние на выщелачивание должна оказывать скорость дренажа. С исследованными нами источниками интересно сопоставить данные, полученные нами при исследовании пресных родников Кавказа (на Млетском спуске Военно-Грузинской дороги), отличающихся весьма большим дебитом и бурным течением; один из них (при окончании Млетского спуска) содержал лишь 0.2 мг B_2O_3 на 1 л, другой (на правом берегу Арагвы) — лишь 0.16 мг— цифры, значительно уступающие содержанию бора в азербайджанских и керченско-таманских родниках, спокойно текущих и относительно мало дебитных.

Влияние реакции природных вод на растворимость боратов, можно сказать, не изучено совершенно. Известна лишь хорошая растворимость боратов в минеральных кислотах, давно использованная при добыче борной кислоты из природных боратов.

Другой способ добычи борнокислых соединений сводится к обработке природного колеманита раствором соды и двууглекислого натра под давлением, причем нерастворимый в воде колеманит переходит в легкорастворимые моно- и бибораты натрия (В. Г. Хлопин [35]). Отсюда можно заключить, что щелочная реакция воды будет благоприятствовать выщелачиванию борных соединений из породы. Этот вопрос требует серьезного экспериментального исследования. Надо ожидать, что всякое отклонение реакции воды от точки нейтральности как в кислую (например, вследствие насыщения угольной кислотой), так и в щелочную сторону будет способствовать наиболее полному извлечению бора из породы.

Вопрос о происхождении бора в водах грязевых вулканов до сих пор не разрешен. Долгое время вследствие малой изученности бор считался специфическим показателем вулканической (магматической) деятельности (например, Armand Gautier [7] или А. Н. Герасимов [8]). К этим взглядам примыкает ряд работ о грязевых сопках, в которых бор рассматривается как одно из доказательств их связи с магматическими процессами. Таковы работы Вер-

надского и С. П. Попова, С. П. Попова, Э. Штебера, В. Г. Хлопина и особенно С. А. Ковалевского [21а, 21б]. Однако имеется ряд исследователей, которые отказываются от столь решительного причисления бора к элементам чисто магматического происхождения.

Так, Grünhut [12] уже в 1911 г. считал, что небольшие количества борной кислоты — до 5 мг/л — свойственны обычным, не минеральным водам; а Кнетт [21] в 1928 г. не рекомендует рассматривать борную кислоту как показатель глубинного происхождения воды, в виду слишком широкого распространения бора в природных водах. За последние годы значительное влияние на понимание роли и распространения бора оказывают также изложенные выше взгляды V. M. Goldschmidt.

Исследователи последних лет (Белоусов и Яроцкий [2], Н. В. Тагеева [31]), работавшие по грязевому вулканизму, воздерживаются от взгляда на бор как на показатель магматогенных процессов. Так, Н. В. Тагеева, не выдвигая каких-либо предположений о происхождении бора в грязевых вулканах, считает этот вопрос невыясненным.

При обсуждении этого вопроса нельзя рассматривать бор вне общей картины минерального состава воды. Геохимическая ассоциация, в которую включается бор в сопочных водах, будет иметь большее значение, чем отдельный факт нахождения бора, в виду его широкого распространения. Самый факт присутствия бора в водах грязевых вулканов с нашей точки зрения вполне естественен; удивительно было бы, наоборот, если бы бор, присутствующий, например, в питьевых водах Азербайджана (Халтава), отсутствовал бы в водах грязевых вулканов. Вопрос заключается, следовательно, не в самом факте наличия бора в грязевых вулканах, а в его сравнительно высоких концентрациях и в геохимической обстановке, в которой происходит это накопление.

Постоянными спутниками бора в водах грязевых вулканов и в нефтяных водах являются: органическое вещество (в виде газов, битумов или нефти), бром и иод — элементы, столь характерные для морских отложений. Способность некоторых морских организмов концентрировать иод изучена рядом авторов. Что же касается обогащения нефтяных вод иодом, то оно объясняется высокой способностью морских илов, богатых органическим веществом, к избирательной адсорбции иода и последующим выщелачиванием его из породы (А. П. Виноградов [6а], В. А. Сулин). К тем же выводам о накоплении иода в природных водах приводят данные Берга [28], указывающего, что иодсодержащие источники приурочены к богатым органическим веществом осадочным сериям (например, источники посидониевых сланцев, или кремнистых сланцев кульма). Значительное содержание брома в морской воде известно давно; постоянное наличие в морской воде бора установлено за последние годы. Ассоциацию трех элементов: иода, брома и бора V. M. Goldschmidt [9] считает типичной «талассофильной» группой, «руководящими элементами», характеризующими собой морские условия осадкообразования.

В обширной литературе, посвященной минеральным источникам, имеются многочисленные данные, характеризующие содержание в них бора. Поэтому проверка этого положения, высказанного V. M. Goldschmidt, оказывается возможной: следует рассмотреть, встречается ли эта ассоциация элементов в водах, происхождение которых рассматривается как вулканическое.

В табл. 6 приводятся анализы вод из источников вулканического происхождения и для сравнения — анализы вод из источников осадочного происхождения.

Примеры вулканических источников взяты из районов недавней или и ныне наглядно проявляющейся вулканической деятельности; связь источников с глубинными магматическими процессами обнаруживается в ряде

Химический состав вод из источников вулканического

Источники вулкани

№	Наименование источника	SiO_2	TiO_2	Cl'	SO_4''	CO_3''	NO_3'
1	Ojo Caliente, Новая Мексика	0.0602	нет	0.2314	0.151	2.1535	следы
2	Sulphur Bank, Калифорния	0.03715	—	0.69059	0.0165	1.14273	—
3	Upper Geyser Basin, Иелоустонский парк, Сев. Америка	0.2964	нет	0.3227	0.0189	0.2236	нет
4	Mount Washburn, там же	0.0897	—	—	2.2765	нет	—
5	Маточный раствор лагуны в Тоскане	следы	—	0.0723	9.1571	—	—
6	Steam boat spring, Невада [2]	0.31065	—	0.95243	0.1246	0.2422	—

Источники осадоч

№	Наименование источника	H_2SiO_3	TiO_2	Cl'	SO_4''	HCO_3'	NO_3'
1	Grefelder Sprudel, Германия	0.01297	следы	4.397	0.000864	0.452	0.00222
2	Arva Polchora, Венгрия	0.0112	—	17.66109	0.0362	0.3279	—
3	Bonifazius-Quelle, Берлин	0.01987	—	17.08	0.2291	0.368	—
4	Sooden an den Werra, Германия	0.03920	—	24.20	3.133	0.433	—

Источники вулкани-

№	Наименование источника	Ba	Sr	Ca	Mg	Cs
1	Ojo Caliente, Новая Мексика	—	0.0014	0.0228	0.0095	—
2	Sulphur Bank, Калифорния	—	—	0.0210	0.0033	—
3	Upper Geyser Basin, Иелоустонский парк, Сев. Америка	нет	нет	0.0030	0.0005	нет
4	Mount Washburn, там же	—	—	0.0396	0.0121	—
5	Маточный раствор лагуны в Тоскане	—	—	0.0297	0.3691	—
6	Steam boat spring, Невада [2]	—	—	0.0068	0.00028	следы

Источники осадоч

№	Наименование источника	Ba	Sr	C	Mg	Cs
1	Grefelder Sprudel, Германия	0.006265	0.003368	0.1088	0.08588	—
2	Arva Polchora, Венгрия	0.02459	0.1043	0.3309	0.0869	—
3	Bonifazius-Quelle, Берлин	следы	0.01771	0.2775	0.2358	—
4	Sooden an den Werra, Германия	0.000538	0.04568	1.058	0.2796	следы

[1] B_2O_3 вычислен из следующих данных, приводимых в анализе: H_3BO_3—4.9921

[2] В анализе кроме приведенных данных отмечаются еще: S_2O_3—0.00307; HS' —

Таблица 6

и осадочного происхождения (в граммах на литр)

ческого происхождения

PO_4'''	AsO_4'''	B_2O_3	J	Br	F	Fe	Al	Mn
0.0002	следы	0.0038	следы?	нет	0.0052	—	—	нет
—	—	1.2998	—	—	—	—	—	—
0.00016	0.0023	0.0234	нет	нет	нет	0.00008	0.0027	нет
—	нет	0.0518	—	—	—	следы	0.0037	—
—	—	3.1851[1]	—	—	—	0.01113	—	следы
0.00084	0.00432	0.21741	—	—	—	0.00013	0.00013	—

ного происхождения

HPO''_4	$HAsO''_4$	HBO_2	J	Br	F	Fe	Al	Mn
0.000198	следы	0.008895	0.000255	0.005331	—	0.003973	следы	0.000051
0.0051	—	0.2439	0.04109	0.11333	—	0.0435	—	—
0.000083	—	0.004055	0.000507	0.01625	—	0.003907	0.000441	0.000077
0.000092	—	0.01208	0.000878	0.019	—	0.003738	следы	0.000252

ческого происхождения

Продолжение табл. 6

Rb	K	Na	Li	NH_4	CO_2	H_2S	HCl	SO_3
—	0.0314	0.9951	0.0034	—	нет	нет	нет	—
—	0.02466	1.85799	—	0.00249	0.26241	0.00455	нет	—
нет	0.0121	0.4407	0.0023	0.00008	0.1989	нет	—	—
—	0.0083	0.0245	0.0004	0.7687	0.0647	0.0051	0.0060	0.0356
—	0.1873	0.1651	—	3.0994	—	—	—	—
следы	0.1034	0.6821	0.00716	нет	0.17759	0.00055	—	—

ного происхождения

Rb	K	Na	Li	NH_4	CO_2	H_2S	Примечание
—	0.05007	2.700	0.000808	0.004289	0.0077	—	Cu следы
—	0.1252	10.9376	0.0670	—	—	—	—
—	0.07298	10.53	0.000364	0.006447	0.0123	—	—
следы	0.2162	15.50	0.002101	0.002534	0.280	—	—

и BO_3—0.460.

0.00327; Sb_2O_3 — 0.00051; HgS — следы.

свойств: высокой температуре, особом химическом составе и в самом их местоположении. Взяты следующие источники:

1. Источник Ojo Caliente в Новой Мексике, в долине Ojo Caliente Creek; источник этот термальный; выход по жилам в красноватых гнейсах. Отлагает туфы с содержанием флуорита до 0.86% (W. Lindgren [22]).

2. Горячий источник в Sulphur Bank в Калифорнии. Температура источника 80°. Источник образовал массивные отложения серы и киновари (последняя разрабатывается). При анализе воды ртуть не обнаружена, однако G. F. Bekker [3] считает, что вынос небольших количеств ртути продолжается и теперь.

3. Источник в Upper Geyser Basin в Иеллоустонском парке. Температура источника 93° (F. A. Gooch a. J. E. Whitfield [13]).

4. Источник в районе Mount Waschburn в Иеллоустонском парке в Сев. Америке; температура источника 92°, кислая реакция (F. A. Gooch a. J. E. Whitfield [13]).

5. Тосканские фумаролы (Италия). Вода одной из лагун после концентрирования и выпадения большей части борной кислоты. Для удобства сопоставлений соответствующие данные перечислены так, чтобы сделать их сравнимыми с данными, приводимыми авторами для других помещаемых здесь же анализов (A. Grabau [11]).

6. Горячий источник Steamboat Spring в Неваде, в районе молодых базальтовых излияний (G. F. Bekker [3]).

Все эти источники находятся в самых различных точках земного шара, и химический состав их вод в известной мере характеризует собой вулканические процессы различного порядка.

Химический состав этих вод весьма разнообразен. Одни из них выносят на поверхность значительные количества фтора (Ojo Caliente), другие — очень большие количества аммония (Тоскана); третьи содержат свободные сильные кислоты (Иеллоустонский парк) или углекислый газ. Все это, особенно в связи с высокой температурой, резко выделяет их среди обычных поверхностных пресных или минеральных источников. Бор содержится во всех перечисленных источниках, но ни иода ни брома не указывается ни в одном, несмотря на детальность исследования; для этих определений в некоторых случаях концентрировалось по нескольку литров воды, и все же удалось обнаружить лишь следы иода, а брома не оказалось совсем. Здесь, следовательно, совершенно не встречается та «талассофильная» (морская) ассоциация элементов, которая с таким постоянством присутствует в водах грязевых сопок.

С другой стороны, в источниках, получающих свой минеральный состав из осадочных пород, мы встречаем как раз эту ассоциацию. Таков, например, источник Grefelder Sprudel, выходящий из песчаников карбона (Германия); источник Arva Polchora в Венгрии (Kalmann и Glaser [19]); артезианский источник Bonifazius-Quelle (Берлин) из глауконитовых нижнеолигоценовых песков, перекрытых мощными среднеолигоценовыми морскими глинами; источник в Sooden an der Werra (Германия), выходящий из доломитов цехштейна (Deutsches Bäderbuch [14]).

Во всех этих источниках мы не встречаем таких элементов, как фтор, мышьяк, ртуть, а также больших количеств свободной угольной кислоты и т. д., появление которых обычно связывается с вулканической деятельностью; но в них снова появляется «талассофильная» триада — иод, бром, бор, характерная для морских осадков, и особенно резко выявляющаяся в нефтяных и сопочных водах.

Итак, геохимическая ассоциация, в которой находится бор в сопочных и нефтяных водах, — ассоциация морских осадков, совершенно идентична для тех и других. Выше мы говорили о путях обогащения нефтяных вод иодом; возможность обогащения вод бором тем же путем — через органи-

ческое вещество породы — не исключается, как это видно из исследований V. M. Goldschmidt о содержании бора в морских организмах. Следует указать, что концентрирование иода в нефтяных и сопочных водах, если сравнивать его содержание в них с количеством иода в морской воде, идет гораздо интенсивнее, чем концентрирование бора: содержание иода в нефтяных водах превышает содержание его в морской воде в сотни и даже в тысячи раз, а содержание бора — лишь в десятки, максимум в сотни раз. Особый интерес представят исследования на содержание бора нефтей, битумов и битуминозных пород и установление степени участия, которое принимает органическое вещество в различных стадиях своего превращения в концентрировании бора. Здесь особенно нужно учитывать, что нефтяные и сопочные воды практически являются спутниками колоссальных количеств органического вещества в том или ином виде.

Другим фактором обогащения вод бором может явиться самый механизм образования сопочной грязи. Малые дебиты вод, обычные для грязевых вулканов, медленный ток их, постоянное перемешивание пузырями газа раздробленной, перетертой массы пород, составляющих сопочную брекчию, — все это создает наилучшие условия для выщелачивания бора. Этому же должна способствовать и щелочная реакция сопочных вод. Этой медленной, можно сказать, тщательной переработкой породы может быть объяснено столь сильно сказывающееся влияние ее на химический состав воды. Неравномерность же распределения бора по осадочным породам различных горизонтов может зависеть от ряда причин:

1) от содержания бора в воде бассейна, которое может колебаться в значительных пределах, как это видно из примера колебаний его содержания в современных морских бассейнах;

2) от литологического состава породы: по данным V. M. Goldschmidt, глинистые осадки наиболее богаты бором, а кварцевые песчаники и известняки весьма бедны им;

3) от большего или меньшего образования коллоидальных железистых минералов, легко захватывающих бор;

4) от наличия и состава органического вещества.

Все эти факторы, образуя специфический комплекс для каждого бассейна, создают и специфические условия для накопления бора в породе.

Особый интерес при оценке этих факторов представляет органическое вещество. Уже самый акт обогащения бором вод нефтеносных районов указывает на связь между накоплением органического вещества и накоплением бора. Но характер этой связи пока еще не изучен. Природные нефти и битумы не исследовались на содержание бора; неизвестно, следовательно, может ли вода при соприкосновении с уже готовым продуктом превращения органического вещества (нефтью) обогащаться бором. Более вероятно, что это обогащение происходит при взаимодействии воды с породой, в которой в той или иной степени протекали процессы накопления и разложения органического вещества и которая должна была содержать специфические элементы — иод, бром и бор.

Наши пока еще немногочисленные исследования содержания бора в породах подтверждают наличие его в осадочных сериях изучаемых нами районов в количествах до 500 мг на 1 кг породы. В дальнейших исследованиях надлежит установить стратиграфические закономерности в распределении бора и связь его с содержанием в породе органического вещества.

Большой интерес представляют данные, полученные бакинскими лабораториями, о высоком содержании бора в водах подкирмакинской свиты в Сураханах. Быть может, этим наличием богатых бором вод в низах продуктивной толщи объясняется высокое содержание его в некоторых грязевых вулканах этого горизонта (Баба-дага, Пиль-пиля). Наши исследования вод грязевых вулканов показали, что максимум содержания бора падает

на воды меловых и майкопских вулканов. Детальное геохимическое исследование вод и пород подкирмакинской свиты должно дать ответ, объясняется ли это обогащение бором местными, специфическими для подкирмакинской свиты условиями, или же здесь приходится думать о возможности поднятия сюда вод из более древних горизонтов, подобно тому, как это допускается для мигрирующей нефти.

ВЫВОДЫ

Резюмируя изложенный материал, мы приходим к следующим выводам:

1. Бор является постоянным химическим компонентом вод грязевых вулканов и нефтяных вод.

2. Его содержание в водах не зависит от степени общей минерализации воды. Количества его являются величиной, характерной для некоторых горизонтов, и могут служить геохимическим коррелятивом.

3. В водах грязевых вулканов не отмечается никакого накопления бора по сравнению с нефтяными водами тех же горизонтов.

4. Геохимическая ассоциация, в которой встречается бор в нефтяных и сопочных водах, представляет собою морскую («талассофильную») ассоциацию, что приводит к выводу об осадочном происхождении бора в этих водах.

5. Изложенные данные указывают на полное тождество геохимической обстановки при генезисе нефтяных и сопочных вод. Геохимические особенности грязевого вулканизма не могут изучаться вне связи со специфической химической обстановкой нефтяного месторождения в целом. Бор, один из наименее изученных среди этих специфических элементов, заслуживает большого внимания. Изучение распространения бора в породах, слагающих нефтяное месторождение, форм его нахождения, связи его с органическим веществом — может иметь в вопросах генезиса нефти и нефтяного месторождения не менее существенное значение, чем, например, изучение содержания и поведения иода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекетов В. Н. Иод, бром и борная кислота в окрестностях Керчи и на Таманском п-ве. Изв. Акад. Наук, 1916.
2. Белоусов и Яроцкий. Грязевые вулканы Тамани, 1937.
3. Bekker G. F. U. S. Geol. Surv. Mon., v. XIII, 1888.
4. Buch, Kurt. On boric acid in the sea and its influence on the carbonic acid equilibrium. Jour. du Conseil, v. VIII, № 3, 1933.
5. Vernadsky u. Popoff. Über den Boraxgehalt von Eruptionsproducten aus dem Salsengebiet von Kertsch und Taman. Ztschr. f. prakt. Geol., X. 1902.
6. Виноградов А. П. Химич. элементарный состав организмов моря. Тр. Биогеохимической лаборатории, т. III, 1935.
6a. Виноградов А. П. Происхождение иода и брома в нефт. водах. Докл. Акад. Наук, № 4, 1934.
7. Gautier A. C. R. *50*, 436, 1910.
8. Герасимов А. Н. Минеральные воды в России, 1920.
9. Goldschmidt V. M. Geochemische Leit-Elemente, Naturwiss., 1932.
10. Goldschmidt V. M. u. Peters Cl. Zur Geochemie des Bors. Nachr. der Ges. der Wiss. zu Göttingen. Math.-phys. Kl., 1932.
11. Grabau A. Geology of the non-metallic mineral deposits, I, 1920.
12. Grünhut. Z. Balneol., 1911/12 (цитируется по Принцу и Кампе [28]).
13. Gooch F. A. a. Whitfield J. E. Analyses of waters of the Jellowstone Parke, Bull. U. S. Geol. Surv. N. 47, 1888.
14. Deutsches Bäderbuch, Leipzig, 1907.
15. Dieulafait M. L'acide borique, son existence dans les lacs salés. C. R. *93*, 224.
16. Dieulafait M. Nouvelle contribution à la question de l'acide borique d'origine non volcanique. C. R. *100*, 1017.
17. Dieulafait M. Existence de la lithine et de l'acide borique en proportions notables dans la Mer Morte. C. R. *93*, 1352.
18. Изгарышев Н. А. и Слудский А. Ф. Грязевые вулканы Керченского п-ова и Темрюкско-Таманского р-на. Рудн. вест., т. 2, № 3—4, 1917.
19. Kalmann u. Glaser M. Min. Petr. Mitt. *18*, 1898—99.

20. Clarke F. W. The Data of Geochemistry, 1924.
21. Кнетт. Цитируется по Е. Принцу и Р. Кампе [28].
21a. Ковалевский С. А. Газовый вулканизм, Азерб. нефт. хоз., № 1, 1935.
21b. Ковалевский С. А. Еще о газовом вулканизме. Азерб. нефт. хоз., № 9, 1935.
22. Lindgren W. The hot springs of Ojo Caliente. Econ. Geol. *5*, 1910.
23. Moberg E. G. a. Harding M. W. The boron content of sea water, Science, v. 77, No. 2004, 1933.
24. Nasini R. e Anderlini F. Relazione intorno all'analisi chimica delle aque delle R. Saline e Bagni di Salso maggiore, Gazz. chim. italiana *30*, 1, 1900.
25. Николаев В. И. и Косман С. К. К вопросу о борной кислоте Чокракского озера. Ж. П. К., т. IV, № 5, 1931.
26. Palmquist Swen. Geochemical studies on the iron bearing liasic series in Southern Sweden, 1935.
27. Попов С. П. Химич. исследования солей из грязевых отложений Керченско-Таманского р-на. Тр. Краевого НИИ нац.-культ. строит., т. IV, 1934.
28. Принц Е. и Кампе Р. Гидрогеология, т. 2, 1937.
29. Rakstraw N. W. a. Mahncke H. E. Boron content of sea water of the North Atlantic coast. Ind. Eng. Chem. (anal. ed.), v. 7, No. 6, 1935.
30. Тагеева Н. В. Объемный метод определения малых количеств бора в природных растворах. Ж. П. Х., т. VIII, № 3, 1935.
31. Тагеева Н. В., Цейтлин С. Г. и Морозова А. Н. О содержании бора в природных водах. Докл. Акад. Наук, т. III, № 5, 1934.
32. Файгль Ф. Капельный анализ, М., 1933.
33. Foote F. J. Determination of boron in waters. Ind. Eng. Chem. (anal. ed.), v. 4, No. 1, 1932.
34. Хлопин В. Г. Бор. Нерудные ископаемые, т. I, 1926.
35. Хлопин В. Г. Бор и его соединения. Материалы изуч. естеств.-произв. сил страны, № 33, 1919.
36. Цейтлин С. Г. Содержание бора в нефтяных водах. Докл. Акад. Наук, т. I (X), № 3 (80), 1936.
37. Штебер Э. К вопросу о происхождении продуктов извержения грязевых вулканов, 1912.
38. Штебер Э. Булганакские сопки в связи с вопросом о получении иода и других химич. продуктов из грязевых вулканов, 1915.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Е. С. ИТКИНА

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КАЛИЯ В ВОДАХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ И НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАВКАЗА

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время представление об органическом происхождении нефти общепринято. Естественно поэтому находить среди характерных геохимических составляющих нефтяных месторождений элементы, присущие тем организмам, которые явились источником образования нефти.

Стремление относить воды нефтяных месторождений к побочным продуктам нефтеобразования достаточно распространено среди геологов-нефтяников. Особенно ярко выражено оно в работах некоторых австрийских геологов, считающих воды нефтяных месторождений водами, входившими в состав тех организмов, которые явились источником нефти.

Некоторые авторы считают, что сравнительно высокое содержание калия в соленых водах может быть объяснено лишь освобождением его из организмов. Некоторые утверждают, что воды нефтяных месторождений не являются ископаемыми морскими водами. Среди других доказательств этого положения приводится между прочим иногда исключительно высокое содержание калия в водах нефтяных месторождений (сравнительно с морской водой).

Исходя из изложенного, естественно стремление проследить распространение в водах нефтяных месторождений и грязевых вулканов, геохимически представляющих аналог нефтяных месторождений [15], распространение элементов, присущих живым организмам.

Среди этих элементов выдающееся место занимает калий.

Калий — необходимый элемент живой материи. Его распространение в живом веществе иллюстрируется следующими цифрами.

В наземных растениях калий содержится в среднем в количестве 10% [18]. Он концентрируется у растений в органах с интенсивным ростом — в почках, молодых листьях, семенах и корнеплодах.

В *Zostera* и *Posidonia*, принадлежащих к высшим цветковым растениям, живущим в море, количество калия колеблется от 0.79 до 12.50% от общего количества золы (по данным Виноградова [2]).

У типичного кремневого организма *Tetraxonidae* содержание калия равняется 0.21—2.80% от зольного остатка.

У *Aurelia aurita* семейства *Coelenterata* (медузы) содержание калия равно 8.30% от сухого вещества.

В бурых водорослях содержание калия установлено в 4.91—37.78% от золы. В семействе *Phaeophyceae* количество калия (в процентах от «чистой золы») выражается цифрами порядка 7.27—21.26.

Из приведенных данных видно, что некоторые растительные организмы обладают особой способностью аккумулировать себе калий. К ним относятся роды *Nereocystis*, *Macrocystis* и др.

По имеющимся в литературе данным в стволе и листьях *Macrocystis pyrifera* содержание калия равно 1.51%. Очень богаты калием также водоросли *Laminaria*. В золе их содержится 20.80% калия. Интересно отметить, что эти водоросли содержат значительно больше калия, чем натрия. В золе их содержится 20.8% калия и только 2.41% натрия.

В водных организмах концентрация калия, по данным Зернова [13], в десять раз больше концентрации его в морской воде.

В тканях растительных организмов калий преобладает над натрием, в тканях животных организмов дело обстоит наоборот. Но и в животных организмах калий необходим для нормальной деятельности клеток. От его наличия зависит поступление воды в клетки живых организмов.

Таким образом, роль калия в составе организованной материи оказывается достаточно большой. Естественно возникает вопрос, какова же его концентрация в тех продуктах, которые сопутствуют нефти в природе, и прежде всего — в водах грязевых вулканов и нефтяных месторождений.

В лаборатории геохимии вод и пород ИГИ АН нами было исследовано распространение калия в водах грязевых вулканов Крымско-Кавказской провинции. Материал был собран во время работы экспедиции 1935—1936 гг. группой геохимии вод и пород под руководством В. А. Сулина.

Определение калия было произведено в 48 образцах вод грязевых вулканов. Среди них по вулканам Азербайджана было произведено 31 определение, по вулканам Кубани и Тамани — 6 определений, по вулканам Крыма — 6 определений и по вулканам Грузии — 5 определений.

Изучению подверглись воды вулканов различной стратиграфической принадлежности — от апшеронского яруса до мела — и различных химических характеристик (щелочные и хлор-кальциевые воды).

Аналитическая работа проводилась следующим образом. Для определения бралось некоторое количество испытуемой воды, в зависимости от степени ее минералиазции, от 25 до 400 см^3. В случае слабо минерализованной воды, когда приходилось брать для исследования большие количества ее, мы концентрировали воду в платиновой чашке до объема 20—25 см^3. Для анализа применялся метод раздельного определения щелочей, описанный Хлопиным [16], т. е. выделение из раствора Ca, Mg и SO_4 насыщенными растворами едкого и хлористого бария (10% $BaCl_2$). Избыток бария осаждался углекислым аммонием, остатки калия выделялись щавелевокислым аммонием. Щелочи (калий и натрий) переводились в сернокислые соли выпариванием с серной кислотой в платиновой чашке до начала появления паров серной кислоты.

Полученные сернокислые соли доводились до постоянного веса, и затем калий определялся в виде хлороплатината калия по методу, описанному Тредвеллом и Гиллебрандтом, с последующим восстановлением платины.

Содержание калия в водах отдельных вулканов исчисляется в процентах (граммы на 100 г) и в миллиграмм-эквивалентах (мг-экв на 100 г). Кроме того в приведенных ниже таблицах даются величины минерализации, выраженные суммой миллиграмм-эквивалентов на 100 г, и величина коэффициентов $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$.

Указывается также характер воды, щелочной или жесткий. Наличие в воде первичной щелочности отмечается символом A_1, а наличие вторичной солености — символом S_2, согласно Пальмеру.

Как мы увидим ниже, все перечисленные показатели позволяют сделать соответствующие обобщения генетического порядка.

Во всех таблицах вулканы распределены в порядке последовательного увеличения стратиграфической глубины их основания.

Для выяснения характера процессов, определяющих содержание калия в водах, мы пользуемся рассмотрением величин коэффициентов $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$, выражая их графически в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс наносятся величины K в мг-экв на 100 г воды, $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$, по оси ординат — минерализация воды, выраженная в мг-экв на 100 г воды. На эти же диаграммы, в целях сопоставления, наносятся значения коэффициентов $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$ и содержание калия для морской воды.

Эти графики позволяют прежде всего установить, является ли содержание калия в водах функцией минерализации вод и нарастает ли оно совершенно параллельно нарастанию содержания в водах основных компонентов их — натрия и хлора.

При нормальном концентрировании вод содержание натрия и хлора будет последовательно увеличиваться; паралельно им будет итти и увеличение содержания калия в водах. При этих условиях величины коэффициентов $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$ должны оставаться постоянными. На графике они должны были бы изобразиться прямыми линиями, параллельными оси абсцисс. Очевидно, что при этом и содержание калия в водах на графике должно выразиться прямой линией, наклонной под определенным градусом к оси абсцисс.

ВОДЫ ВУЛКАНОВ

Содержание калия в водах вулканов Азербайджана иллюстрируется табл. 1.

Как видно из таблицы, содержание калия в водах вулканов, привязанных к апшеронскому ярусу, колеблется в пределах от 0.0055 (Б. Мишовдаг) до 0.0239 вес. % (Хидырлы, обр. № 92). Отношение $\frac{rNa}{rK}$ определяется величинами от 161.0 до 430.3; отношение $\frac{rCl}{rK}$ — от 186.03 до 613.30.

Для вулканических вод продуктивной толщи имеются колебания в содержании калия в пределах от 0.0039 (Гюльбахт) до 0.0618 (Ахтарма Карадагская). Отношение $\frac{rNa}{rK}$ меняется в пределах от 84.87 до 152.15. Отношение $\frac{rCl}{rK}$ — в пределах от 71.35 до 176.24.

Содержание калия в водах вулканов диатомовых слоев установлено в количестве от 0.0016 до 0.0115. Отношение $\frac{rNa}{rK}$ равно 35.50—403.75; отношение $\frac{rCl}{rK}$ — от 32.83 до 114.41.

Содержание калия в водах вулканов майкопской свиты колеблется от 0.0012 (Сев. Иланлы) до 0.0029 (Набур). Отношение $\frac{rNa}{rK}$ лежит в пределах от 160.0 до 509.40, отношение $\frac{rCl}{rK}$ — от 96.10 до 859.80.

Из приведенных данных видно, что в Азербайджане более всего содержат калия воды вулканов продуктивной толщи. Для них самая низкая цифра — это 0.0039 г калия, для вод же вулканов майкопской свиты самая высшая цифра 0.0029 г. В то время как в водах вулканов продуктивной толщи для наивысшего отношения $\frac{rNa}{rK}$ имеем цифру 152.15, для вод вулканов майкопской свиты эта цифра вырастает до 509.40. Наконец, для вод вулканов продуктивной толщи мы имеем наивысшую цифру отношения $\frac{rCl}{rK}$, равную 176.24, для вод же вулканов майкопской свиты цифра эта

Таблица 1

Воды вулканов Азербайджана

№ по пор.	№ образца	Наименование вулкана и горизонт	K в вес. %	K в мг-экв	Σ мг-экв	$\frac{rNa}{rK}$	$\frac{rCl}{rK}$	$\frac{rK}{\Sigma r}$ в %	Тип воды
		Апшерон							
1	175/343	Мишов-даг	0.0055	0.14	65.60	222.43	196.22	0.21	A_1
2	155/60	Мишов-даг, южн. сопка	0.0119	0.30	112.16	161.0	186.03	0.27	S_2
3	151/43	Мишов-даг	0.0118	0.30	200.28	269.17	331.66	0.15	S_2
4	132	Хидырлы, гора Гамма	0.011	0.28	201.64	275.14	343.67	0.14	S_2
5	78	Хидырлы	0.012	0.30	368.14	430.3	613.30	0.08	S_2
6	92	Хидырлы, II вост. группа	0.0239	0.61	273.86	174.5	224.18	0.22	S_2
		Продуктивная толща							
7	188/75	Айран-текян	0.0245	0.63	111.76	84.87	81.63	0.57	A_1
8	245/113	Гюльбахт, сев. сопка	0.0039	0.09	26.26	138.22	112.77	0.34	A_1
9	216/94	Ахтарма Карадагская, вост. группа	0.0063	0.16	39.94	119.19	98.68	0.40	A_1
10	221/99	Пиль-пиля	0.009	0.25	54.36	105.56	74.08	0.46	A_1
11	206/87	Баба-даг	0.041	1.04	224.86	106.70	71.35	0.46	A_1
12	220/98	Ахтарма Карадагская	0.0618	1.58	321.78	93.93	101.83	0.49	S_2
13	173/384	Утальги Ахтарма	0.0081	0.20	75.94	152.15	176.24	0.26	S_2
14	№ 5	Геокюр Ахтарма	0.0159	0.41	120.06	142.02	121.70	0.34	A_1

		Диатомовые							
15	80/25	Шор-сулы, южн. группа	0.0022	0.06	35.60	278.66	112.83	0.17	S_2
16	106/41	Джагирлы, сев. вулкан	0.0115	0.28	31.16	52.13	38.03	0.90	A_1
17	154/318	Джагирлы, южн. вулкан	0.0016	0.04	33.00	403.75	36.46	0.12	A_1
18	179/347	Чеил-даг, юго-вост. склон	0.0028	0.07	33.96	235.86	114.41	0.20	A_1
19	208/376	Ахтарма Нардаранская	0.0049	0.12	13.88	53.50	32.83	0.87	A_1
20	190/358	Календер-тепе	0.0113	0.29	21.44	35.50	36.83	1.35	A_1
		Майкоп							
21	93/34	Набур, центр. поле	0.0029	0.07	24.12	160.0	96.10	0.29	A_1
22	149/314	Вост. Набур	0.0023	0.06	32.82	268.68	144.83	0.18	A_1
23	125/290	Сев. Иланлы, южн. поле	0.0021	0.05	53.86	509.40	859.80	0.09	A_1
24	127/292	Сев. Иланлы	0.0012	0.03	23.06	374.33	185.66	0.13	A_1
		Коун							
25	224/100	Вулкан Вирта	0.0020	0.05	27.28	262.4	168.0	0.18	A_1
26	143/308	Зап. Набур, Черная Горка	0.0043	0.11	34.06	152.2	49.78	0.32	A_1
		Юнусдаг							
27	52/20	Дамирчи	0.0024	0.06	22.10	160.17	125.50	0.27	A_1
28	133/298	Сев. Астраханка	0.0052	0.13	21.62	76.08	24.53	0.60	A_1

порядка 859.80. Обращаясь теперь к отношению $\frac{rK}{\Sigma r}$, выраженному в процентах, следует отметить, что это отношение, вообще меняющееся в пределах от 0.34 до 0.57, оказывается также повышенным по сравнению с его величиной для вод вулканов, сидящих на других стратиграфических горизонтах в Азербайджане.

Таким образом, воды вулканов продуктивной толщи Азербайджана обогащены калием не только в абсолютных количествах, но и по отношению к натрию и хлору, в связи с чем отношения $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$ для данного горизонта ниже, чем для майкопа.

Высоко и содержание калия в общей солевой массе вод вулканов продуктивной толщи Азербайджана по сравнению с водами вулканов, привязанных в Азербайджане к другим стратиграфическим горизонтам.

Рассматривая содержание калия в водах грязевых вулканов Азербайджана, связанных с различными стратиграфическими комплексами, следует отметить относительно высокое содержание калия в водах вулканов апшеронского яруса (0.005—0.02).

Но при значительном абсолютном накоплении калия в водах указанных вулканов мы наблюдаем здесь значительно меньшее участие калия в составе общей солевой массы воды. Максимальное значение $\frac{rK}{\Sigma r}$ для вод вулканов, связанных с апшеронским ярусом, составляет 0.22%, в то время как для вулканов продуктивной толщи минимальное значение этого отношения выражается цифрой 0.34%.

Резко повышена в водах апшеронского яруса и величина коэффициентов $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$ по сравнению с коэффициентами для вод вулканов продуктивной толщи.

Все это подчеркивает явное преобладание над калием других компонентов вод в их солевой массе.

Воды вулканов майкопа, коуна, юнусдага (мел) по абсолютному и относительному содержанию калия явно уступают водам вулканов продуктивной толщи.

Значительный диапазон в содержании калия показывают воды вулканов, привязанных к диатомовым слоям.

Здесь мы наблюдаем как явно пониженные (сравнительно с водами вулканов продуктивной толщи) величины содержания калия, так и явно повышенные, почти достигающие величин, характеризующих содержание калия в водах вулканов продуктивной толщи.

Рассмотрим теперь процессы, определяющие характер накопления калия в водах вулканов продуктивной толщи. Для этого воспользуемся графическим изображением соотношения между содержанием в водах калия, величинами $\frac{rNa}{rK}$, $\frac{rCl}{rK}$ и минерализацией воды.

Рассматривая с этой точки зрения графики, составленные для вод вулканов, мы можем констатировать следующее.

В водах вулканов, сидящих своим основанием на продуктивной толще Азербайджана, кривые коэффициентов $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$ имеют ломаный характер (фиг. 1).

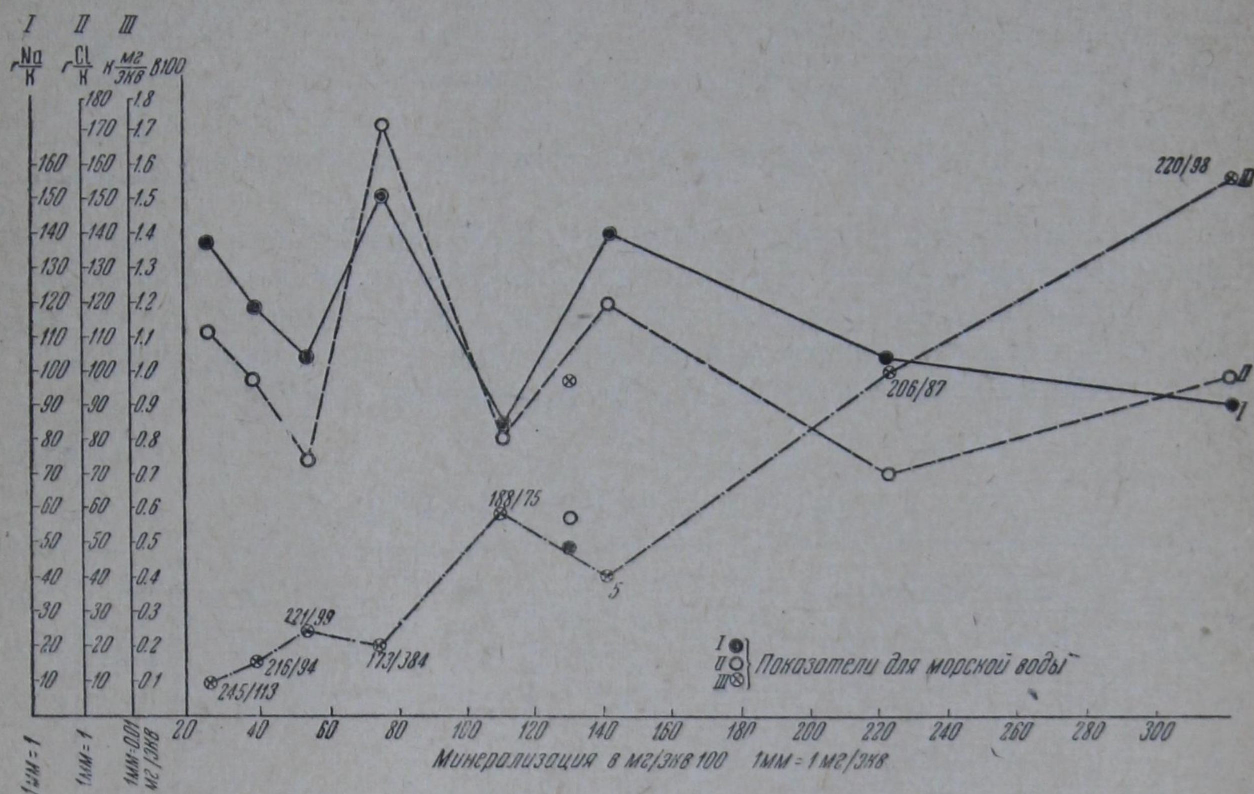
Увеличение содержания в воде калия отвечает уменьшению коэффициентов $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$, т. е. нарастание в водах содержания калия соответствует относительному уменьшению содержания натрия.

При уменьшении содержания калия величины этих коэффициентов повышаются, т. е. идет процесс относительного повышения содержания натрия по сравнению с калием.

Все это указывает на отсутствие прямой зависимости между содержанием калия в водах и процессом концентрирования вод.

При повышении минерализации воды свыше 130 мг-экв. падение коэффициентов $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$ идет весьма медленно, и в водах с максимальной минерализацией (обр. 206/87 и 220/98) коэффициенты эти имеют тенденцию почти не меняться, т. е. в этих водах можно говорить о процессах концентрирования.

Интересно отметить, что при достижении водой максимальной минерализации (321.78 мг-экв. в обр. № 220/98) коэффициенты $\frac{rCl}{rK}$ и $\frac{rNa}{rK}$ показывают уже частичную потерю калия по сравнению с хлором и натрием. Это может быть объяснено тем, что при повышении минерализации воды



Фиг. 1. Воды вулканов продуктивной толщи Азербайджана.

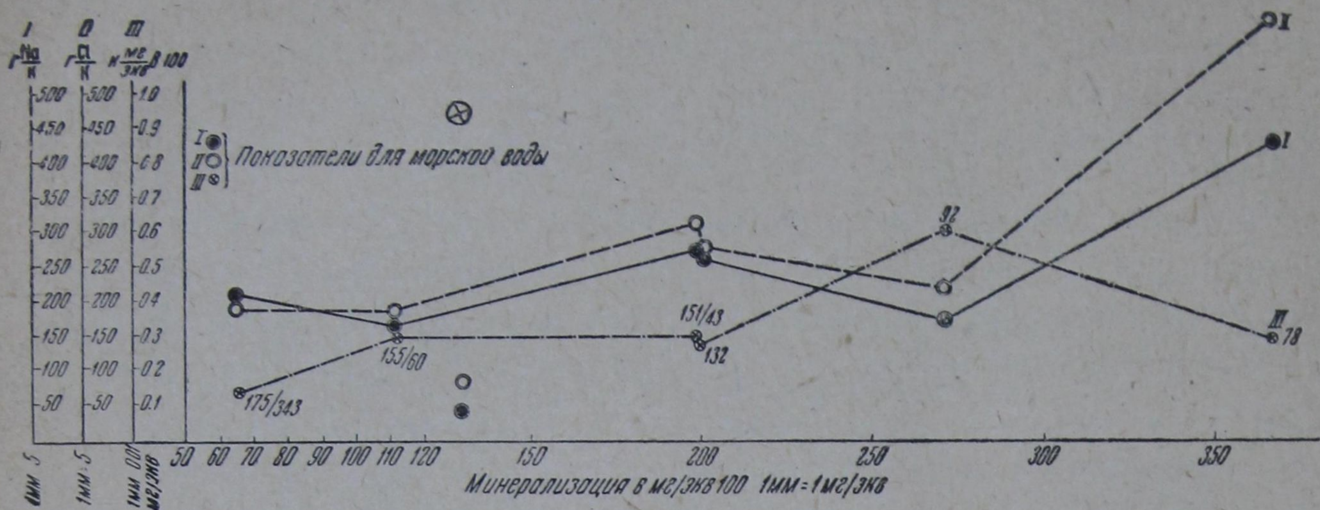
усиливается поглощение породами калия. Следует указать, что процессы обмена основаниями между водами и породами играют существенную роль в формировании состава вод грязевых вулканов (В. А. Сулин [12]). Особо значительным должно быть участие в этих процессах калия, обладающего, как известно, большой энергией поглощения.

В водах вулканов апшеронского яруса (фиг. 2) коэффициенты $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$, так же как и в водах вулканов продуктивной толщи, уменьшаются с увеличением абсолютного содержания калия и увеличиваются с его уменьшением.

Таким образом, и здесь подтверждается высказанный нами взгляд, что не существует прямой зависимости между содержанием калия в водах и процессом их концентрирования.

Нарастание в водах количества натрия и хлора по отношению к калию идет параллельно, и лишь при высоких концентрациях воды (минерализация 368.14 мг-экв. на 100 г в обр. № 78) мы наблюдаем некоторое отставание в росте $\frac{rNa}{rK}$ по сравнению с $\frac{rCl}{rK}$. Как видно, при высоких минерализациях на ряду с поглощением породами калия начинается и частичное поглощение натрия.

Перейдем к рассмотрению поведения калия в водах вулканов Грузии и Кубано-Керченской провинции.



Фиг. 2. Воды вулканов апшеронского яруса Азербайджана.

В водах вулканов Грузии (табл. 2), стратиграфически привязанных к ширакской толще, сармату и майкопу, содержание калия в общем ниже, чем в водах вулканов продуктивной толщи и апшеронского яруса Азербайджана, но оно превышает содержание калия в водах вулканов, привязанных в Азербайджане к иным стратиграфическим комплексам.

Таблица 2

Воды вулканов Грузии

№ по пор.	№ образца	Наименование вулкана и горизонт	K в вес. %	K в мг-экв.	Σ мг-экв.	$\frac{rNa}{rK}$	$\frac{rCl}{rK}$	$\frac{rK}{\Sigma r}$ в %	Тип воды
		Акчагыл							
29	22/243	Ахтала	0.0149	0.38	39.68	275.33	47.55	0.95	A_1
		Ширакская толща							
30	98/229	Кила-купра	0.0139	0.36	125.28	152.0	162.2	0.29	S_2
		Сармат							
31	110/242	Полпой-теби	0.0036	0.09	27.34	148.11	117.22	0.33	A_1

Воды вулканов Кубано-Керченской провинции (табл. 3) разобьем на две группы. К первой относятся воды вулканов, сидящих своим основанием на отложениях от надрудных слоев до сармата включительно. Вторая заключает в себе воды вулканов майкопской свиты. В водах вулканов первой группы мы имеем колеблющееся содержание калия в пределах от 0.003 до 0.01%, в общем отвечающее содержанию калия в водах вулканов Грузии и диатомовых слоев Азербайджана. Резко повышенное содержание калия отмечается в водах вулканов, привязанных к майкопской свите. Воды этих вулканов содержат калий в пределах от 0.005 до 0.02%. Эти величины резко отличаются от вод вулканов майкопа Азербайджана и вполне соответствуют содержанию калия в водах вулканов продуктивной толщи Азербайджана.

Таблица 3

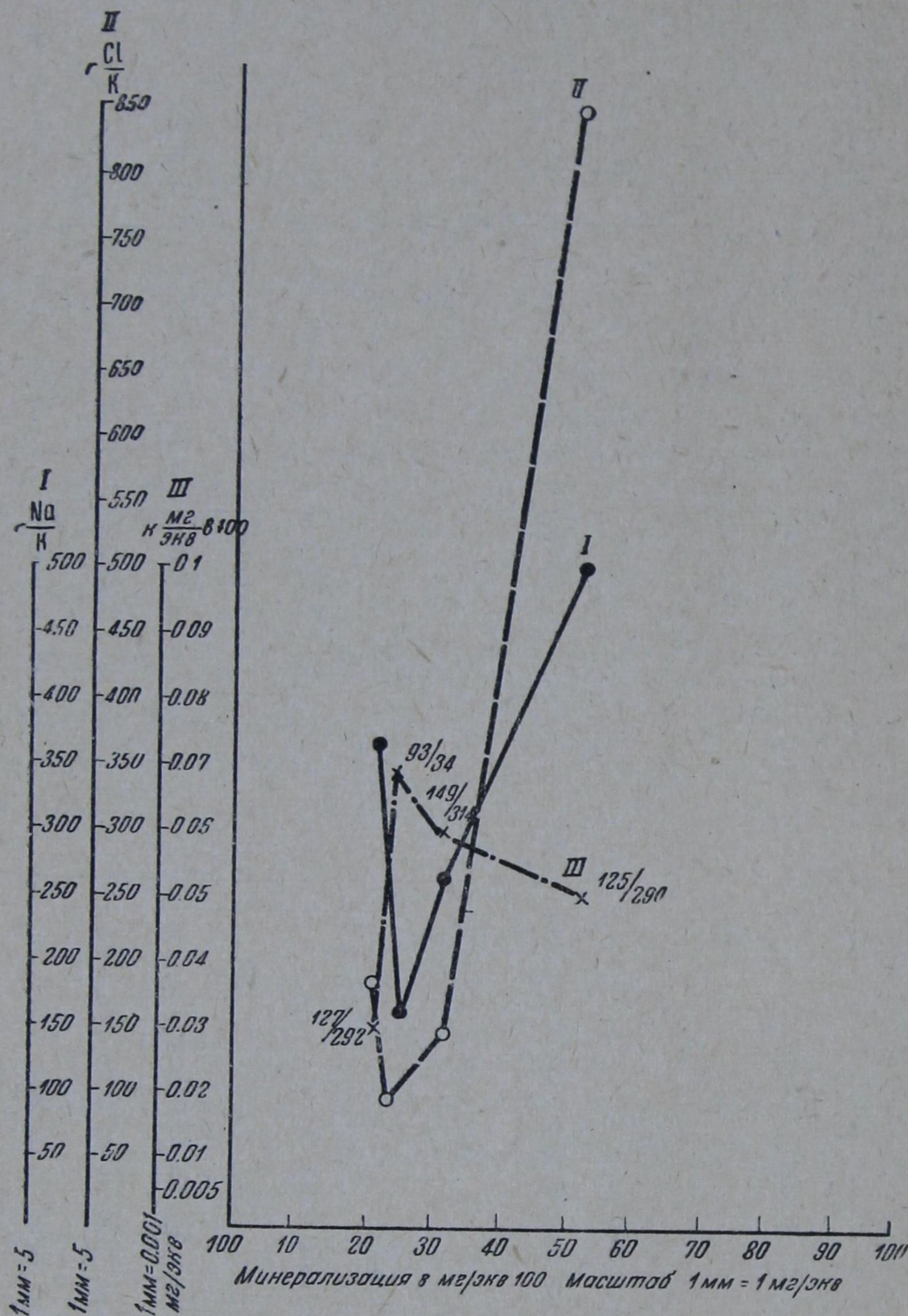
Воды вулканов Кубано-Керченской геологической провинции

№ по пор.	№ образца	Наименование вулкана	K в вес. %	K в мг-экв.	Σ мг-экв.	$\frac{rNa}{rK}$	$\frac{rCl}{rK}$	$\frac{rK}{\Sigma r}$ в %	Тип воды
		Надрудные							
32	$\frac{45}{77}$	Темрюк	0.006	0.15	32.30	104.40	83.73	0.46	A_1
33	$\frac{44}{75}$	Гора Гнилая, южная группа	0.0033	0.14	40.68	144.0	111.64	0.35	A_1
		Сармат							
34	$\frac{70}{124}$	Вулкан Пекло	0.0123	0.31	39.70	59.06	53.01	0.78	A_1
35	$\frac{30}{49}$	Керченский р-н, Солдатская группа	0.0049	0.13	28.70	107.23	73.47	0.45	A_1
		Майкоп							
36	$\frac{64}{118}$	Гора Близнецы	0.017	0.46	123.02	130.41	162.50	0.37	A_1
37	$\frac{65}{119}$	Сев. нефтяная гора	0.005	0.12	47.36	190.09	135.66	0.25	A_1
38	$\frac{74}{130}$	Гора Цимбала, Сев. балка	0.0086	0.29	32.80	53.69	35.79	0.88	A_1
39	$\frac{7}{8}$	Керченский р-н, Бурашская группа	0.0072	0.18	39.76	102.55	92.27	0.45	A_1
40	$\frac{14}{20}$	Керченский р-н, Маякская группа	0.007	0.18	32.48	87.0	28.22	0.55	A_1
41	$\frac{28}{34}$	Керченский р-н, Тарханы	0.0204	0.52	40.88	36.61	19.36	1.27	A_1
42	$\frac{2}{2}$	Керченский р-н, Булганакская группа	0.0169	0.43	99.80	112.42	70.18	0.43	A_1
43	$\frac{22}{28}$	Керченский р-н, Булганакская группа	0.0179	0.46	39.88	40.52	21.59	1.15	A_1

Отношения $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$ в водах майкопа Керчи также значительно отличаются от этих величин для Азербайджанского майкопа и соответствуют величинам этих отношений в водах продуктивной толщи Азербайджана.

Таким образом, воды вулканов майкопа Керчи, равно как и воды вулканов продуктивной толщи Азербайджана, обогащены калием.

При просмотре графиков этих вод (фиг. 3 и 4) замечается отсутствие прямой зависимости между минерализацией вод и содержанием калия, равно как и отсутствие процессов обмена основаниями между водами и породами.



Фиг. 3. Воды вулканов майкопа Азербайджана.

Воды нефтяных месторождений

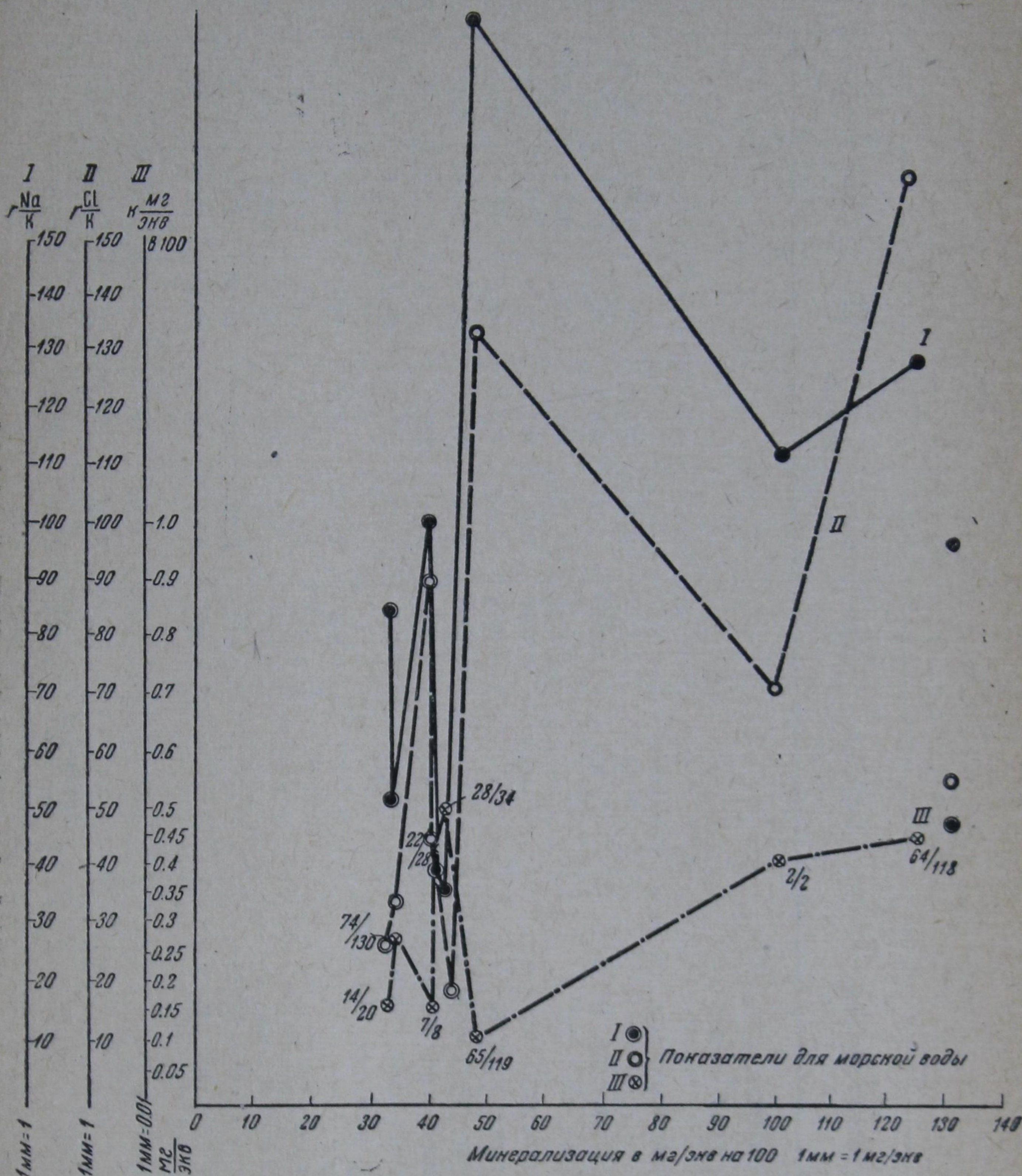
Содержание калия в водах грязевых вулканов Крымско-Кавказской провинции, как мы видим, колеблется в пределах от 0.001 до 0.02%.

Дальнейшая наша задача — это сопоставление этих величин прежде всего с величинами, характеризующими содержание калия в водах различных нефтяных месторождений, а затем и с величинами содержания калия в различных поверхностных и глубинных природных водах.

Для сопоставления содержания калия в водах грязевых вулканов с его содержанием в водах нефтяных месторождений приведем некоторые коли-

ческие данные по распространению калия в водах нефтяных месторождений (как СССР, так и иностранных).

Мы не имеем намерения давать исчерпывающий материал, касающийся содержания калия в водах нефтяных месторождений, а ограничиваем его лишь выборочными цифрами, характеризующими различные стратигра-



Фиг. 4. Воды вулканов майкопа Керченско-Таманской провинции.

ческие и географические провинции распространения нефтяных месторождений.

Так, по СССР мы используем некоторые имеющиеся материалы по распространению калия в водах нефтяных месторождений Азербайджана (Биби-эйбата [4], Грозненского района, Закаспия, Западного Предуралья и Эмбинского района [3]). Из иностранных месторождений мы приводим данные по месторождениям Midway, Coaling и Sunset в Америке [10].

Таблица 4

Воды нефтяных месторождений

№ по пор.	Место взятия образца	Горизонт	K в вес. %	K в мг-экв.	Σ мг-экв.	$\frac{rNa}{rK}$	$\frac{rCl}{rK}$	$\frac{rK}{\Sigma r}$ в %	Тип воды	Лит.
	СССР									
	Азербайджан									
44	Шубаны. Нефтяной колодец на горе Аташкя	Продуктивная толща	0.0057	0.15	365.0	154.0	124.5	0.041	A_1	Голубятников [4]
45	Биби-эйбат, I пласт, глуб. 189 м	То же	0.0459	1.17	260.0	88.1	110.05	0.45	S_2	»
46	Там же, IV пласт, глуб. 322 м	»	0.0375	0.96	432.0	182.5	226.2	0.22	S_2	»
47	Там же, V, пласт, глуб. 600 м	»	0.0366	0.94	422.8	178.5	227.0	0.22	S_2	»
48	Там же, VIII пласт, глуб. 545 м	»	0.0638	1.63	390.6	98.9	119.5	0.41	S_2	»
49	Там же, X пласт, глуб. 580 м	»	0.0295	0.75	389.0	217.0	257.0	0.19	S_2	»
50	Там же, XI пласт, глуб. 600 м	»	0.103	2.64	320.0	59.4	42.3	0.83	S_2	»
51	Там же, XII пласт, глуб. 745 м	»	0.063	1.62	337.9	90.07	103.5	0.48	S_2	»
52	Там же, между пластами XIII и XIV, глуб. 821 м	»	0.085	2.19	286.8	62.8	65.5	0.76	S_2	»
53	Там же, XIV пласт, глуб. 845 м	»	0.096	2.44	234.4	50.5	47.8	1.04	A_1	»
54	Сураханы, глуб. 494 м	»	0.067	1.73	528.0	123.2	147.0	0.33	S_2	»
55	Лок-батан, гор. VIII, обр. 236/74	»	0.013	0.33	48.48	63.50	37.09	0.68	A_1	»
56	Лок-батан, гор. VIa, обр. 235/73	»	0.020	0.54	68.76	60.85	78.17	0.785	A_1	»
	Грозный									
57	Глуб. 780 м	Спанид. и чокрако-спириалисовые	0.004	0.11	29.70	98.6	31.30	0.37	A_1	Карстенс [6]
58	II. Н., глуб. 446 м		0.0081	0.208	124.12	278.5	142.0	0.17	A_1	»
59	XIII Н., глуб. 770 м		0.0045	0.11	33.80	120.9	36.45	0.32	A_1	»
60	Глуб. 755		0.0035	0.09	21.94	93.44	32.22	0.41	A_1	»

	Закаспий									
61	Бая-даг, зап. часть	Апшерон	0.0456	1.17	673.72	227.5	288.7	0.17	S_2	Порфирьев
62	Бая-даг, вост. часть	То же	0.0484	1.21	553.60	179.25	224.50	0.22	S_2	»
63	Челекен, буровая № 5	Плиоцен	0.0817	2.09	768.74	136.6	183.4	0.27	S_2	»
	Эмбинский									
64	Ю. Макат. глуб. 98.5 м	I юрский	0.019	0.49	243.6	443.0	381.1	0.20	S_2	Варов [3]
65	Укно, 405 м	IV юрский	0.033	0.85	368.7	394.0	476.2	0.23	S_2	»
66	Сев. Макат, глуб. 534 м	V юрский	0.032	0.33	397.3	438.0	466.6	0.08	S_2	»
67	Сев. Байчунас	Неоком	0.0214	0.55	260.5	415.0	410.26	0.21	S_2	»
68	Южн. Байчунас	II юрский	0.0345	0.88	382.05	380.0	491.3	0.23	S_2	»
69	Шурбакудак	RT	0.003	0.08	87.21	112.1	113.2	0.09	S_2	»
70	Каратон	—	0.0139	0.36	113.3	273.0	316.6	0.32	S_2	»
	Ишимбаево									
71	Скв. № 175, глуб. 216 м	Артинские известняки	0.109	2.80	616.76	87.0	109.28	0.45	S_2	Варов [3]
72	Скв. № 175, глуб. 260 м	То же	0.140	3.61	809.58	88.0	111.71	0.44	S_2	»
73	Скв. № 231, глуб. 450 м	»	0.047	1.21	587.1	222.0	237.7	0.20	S_2	»
74	Скв. № 110, глуб. 731 м	»	0.126	3.24	794.98	104.0	122.0	0.41	S_2	»
75	Скв. № 370, глуб. 1001 м	»	0.090	2.31	811.0	142.0	174.81	0.28	S_2	»
	Чусовские городки									
76	Скв. № 7, глуб. 93.5 м	Пермская система	0.002	0.06	16.48	71.0	37.6	0.36	S_2	Сулин и др. [11]
77	Скв. № 6, глуб. 111 м	То же	0.0009	0.02	40.4	616.0	619.0	0.049	S_2	»
78	Скв. № 6, глуб. 290 м	»	0.014	0.36	560.6	712.0	745.0	0.063	S_2	»
79	Скв. № 12, глуб. 320.5 м	»	0.018	0.46	848.1	877.0	959.0	0.054	S_2	»

Продолжение табл. 4

№ по пор.	Место взятия образца	Горизонт	K в вес. %	K в мг-экв.	Σ мг-экв.	$\frac{rNa}{rK}$	$\frac{rCl}{rK}$	$\frac{rK}{\Sigma r}$ в %	Тип воды	Лит.
80	Скв. № 8, глуб. 400.5 м	Каменноугольная система	0.039	1.00	670.9	260.0	333.9	0.147	S_2	Сулин и др. [11]
81	Скв. № 7, глуб. 676 м	То же	0.0014	0.04	64.68	515.0	430.0	0.06	S_2	»
82	Скв. № 4, глуб. 824 м	»	0.087	2.23	861.02	139.0	193.0	0.26	S_2	»
	Северная Америка									
83	Midway, Cooling, Sunset	Пески	0.0009	0.02	7.05	75.68	43.50	0.27	A_1	Роджерс [10]
84	Там же	Сланцы	0.0008	0.02	12.74	107.1	80.8	0.15	S_2	»
85	»	Вблизи основ. нефт. гориз.	0.0023	0.06	29.32	244.0	80.0	0.20	S_2	»
86	»	Из темных сланцев	0.0009	0.02	18.04	489.0	198.0	0.11	A_1	»
87	»	Из верхней части смоляных песков	0.002	0.05	7.00	55.5	12.33	0.71	A_1	»
88	»	Выше нефт. гориз.	0.010	0.26	47.16	92.0	76.4	0.55	A_1	»
89	»	Самотечн. вода с глуб. 915 м	0.012	0.32	113.07	143.3	164.6	0.28	S_2	»
90	»	Вблизи нефт. гориз.	0.015	0.38	117.02	101.5	123.5	0.32	S_2	»
91	»	Самотечн. вода с глуб. 764 м	0.008	0.20	116.62	208.0	246.5	0.17	S_2	»
92	»	Верх. вода	0.002	0.05	17.03	161.0	124.0	0.29	A_1	»
93	»	Самотечн. вода с глуб. 1021.75 м	0.0024	0.06	32.02	242.0	184.5	0.185	A_1	»

Содержание калия в водах перечисленных месторождений иллюстрируется табл. 4.

В водах нефтяных месторождений СССР содержание калия меняется в пределах от 0.0009 до 0.140 вес. %. Амплитуда колебания, как видим, очень велика.

Отношение $\frac{rNa}{rK}$ равно 50.5—877.0; отношение $\frac{rCl}{rK}$ 31.50—959.0.

По водам нефтяных месторождений Америки мы имеем изменения абсолютного содержания калия от 0.0008 до 0.0024%. Отношение $\frac{rNa}{rK}$ выражается цифрами 55.5—489; отношение $\frac{rCl}{rK}$ —12.3—246.5.

Рассматривая содержание калия в водах нефтяных месторождений нашего Союза, мы видим, что оно максимально в Ишимбаевском районе на западном склоне Урала и минимально — в водах Грозненского района.

В Ишимбаевском районе содержание калия колеблется между 0.0478 и 0.14. Следует отметить, что воды Ишимбаевского района обладают и весьма высокой минерализацией порядка 587—811 мг-экв. на 100 г воды.

Высокое содержание калия в Ишимбаевском районе вряд ли можно связывать исключительно с высокой минерализацией вод в данном районе, так как имеются примеры и меньшего содержания калия (0.045—0.081) в водах высокой минерализации (Бая-даг, Челекен).

Подобные же выводы можно сделать по Верхне-Чусовскому месторождению, в котором по скважине № 12 (анализ № 79) вода при минерализации 841.1 мг-экв. (на 100 г) содержит калия около 0.018 вес. % и, наоборот, при относительно небольшой минерализации в 320 мг-экв. в 100 г воды на Биби-эйбате в одной из вод (XI пласт, обр. № 50) содержание калия достигает 0.103 вес. %.

Отношение $\frac{rNa}{rK}$ по Ишимбаевскому району невелико. Пределы его колебания 87—222. При этом максимальная величина отношения (222) характеризует образец с низким содержанием калия.

Самое низкое содержание калия по материалам, имеющимся в нашем распоряжении, наблюдается в Грозненском районе. Здесь оно составляет 0.0035—0.0081 вес. %. По сравнению с другими районами СССР цифры эти не велики.

Воды других месторождений по содержанию калия занимают промежуточное место.

На фиг. 5 и 6 дается представление о взаимоотношениях между минерализацией вод, содержанием калия и отношением $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$. Рассматривая их, мы констатируем полное отсутствие взаимозависимости между содержанием калия и минерализацией воды.

Перейдем теперь к сопоставлению содержания калия и характеру его поведения в водах грязевых вулканов и нефтяных месторождений. Прежде всего обратимся к вулканам продуктивной толщи и приуроченным к той же продуктивной толще нефтяным месторождениям Азербайджана. Мы это делаем потому, что наибольшее количество материала имеется как раз по этой провинции.

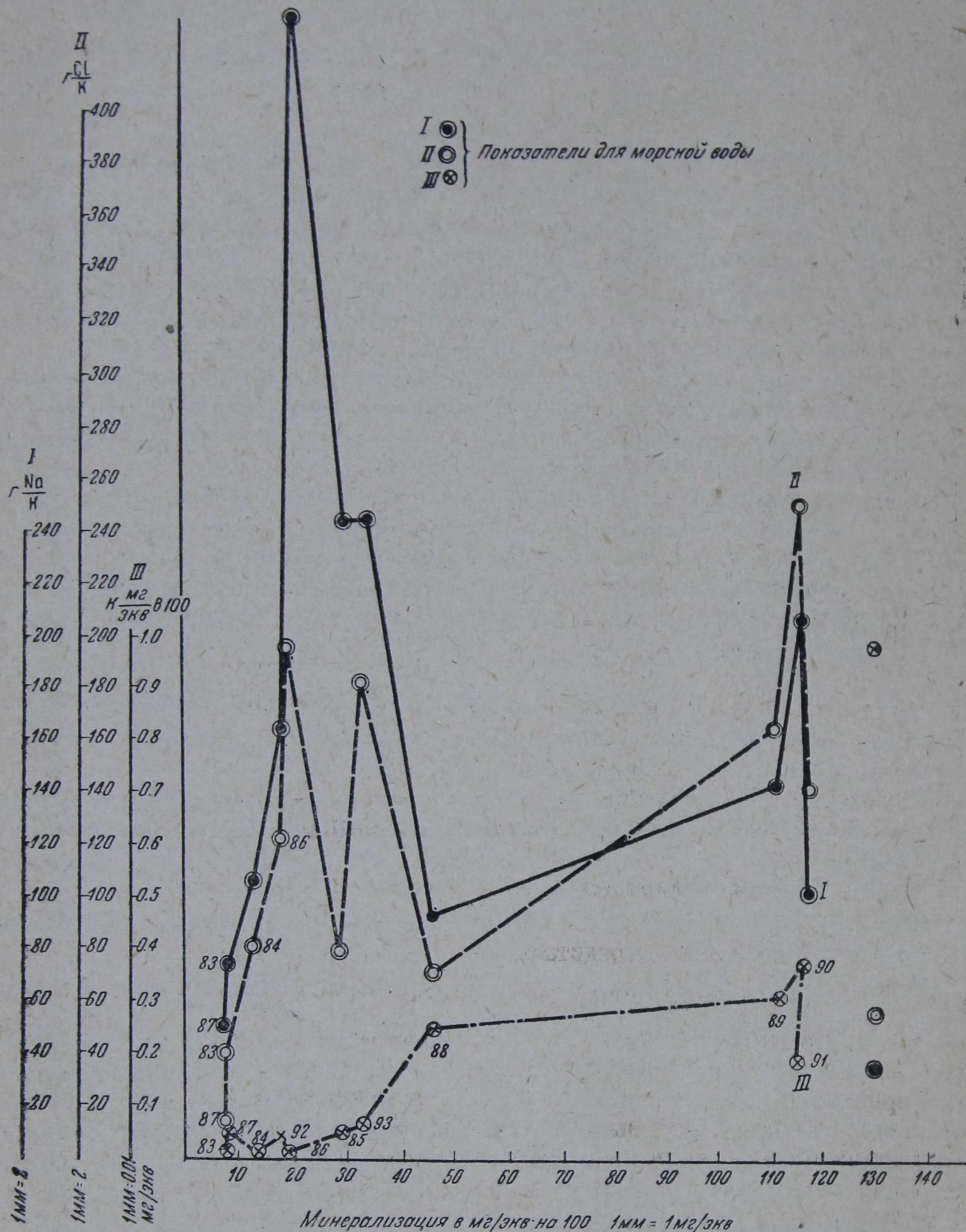
Воды вулканов продуктивной толщи Азербайджана содержат калий в количествах от 0.0039 до 0.0618 вес. %.

Воды нефтяных месторождений Азербайджана несут в себе калий в количестве от 0.01 до 0.10 вес. %.

Отношение $\frac{rNa}{rK}$ по грязевым вулканам равно 84.87—152.16. По нефтяным месторождениям отношение это изменяется от 50.5 до 217.0. Отноше-

ние $\frac{rCl}{rK}$ по грязевым вулканам колеблется от 71.35 до 176.24, а по нефтяным месторождениям — 42.3 до 257.0

Сопоставляя эти цифры, видим, что содержание калия в водах нефтяных месторождений и грязевых вулканов продуктивной толщи в достаточной мере близко друг к другу.



Фиг. 5. Воды нефтяных месторождений Midway, Coaling and Sunset.

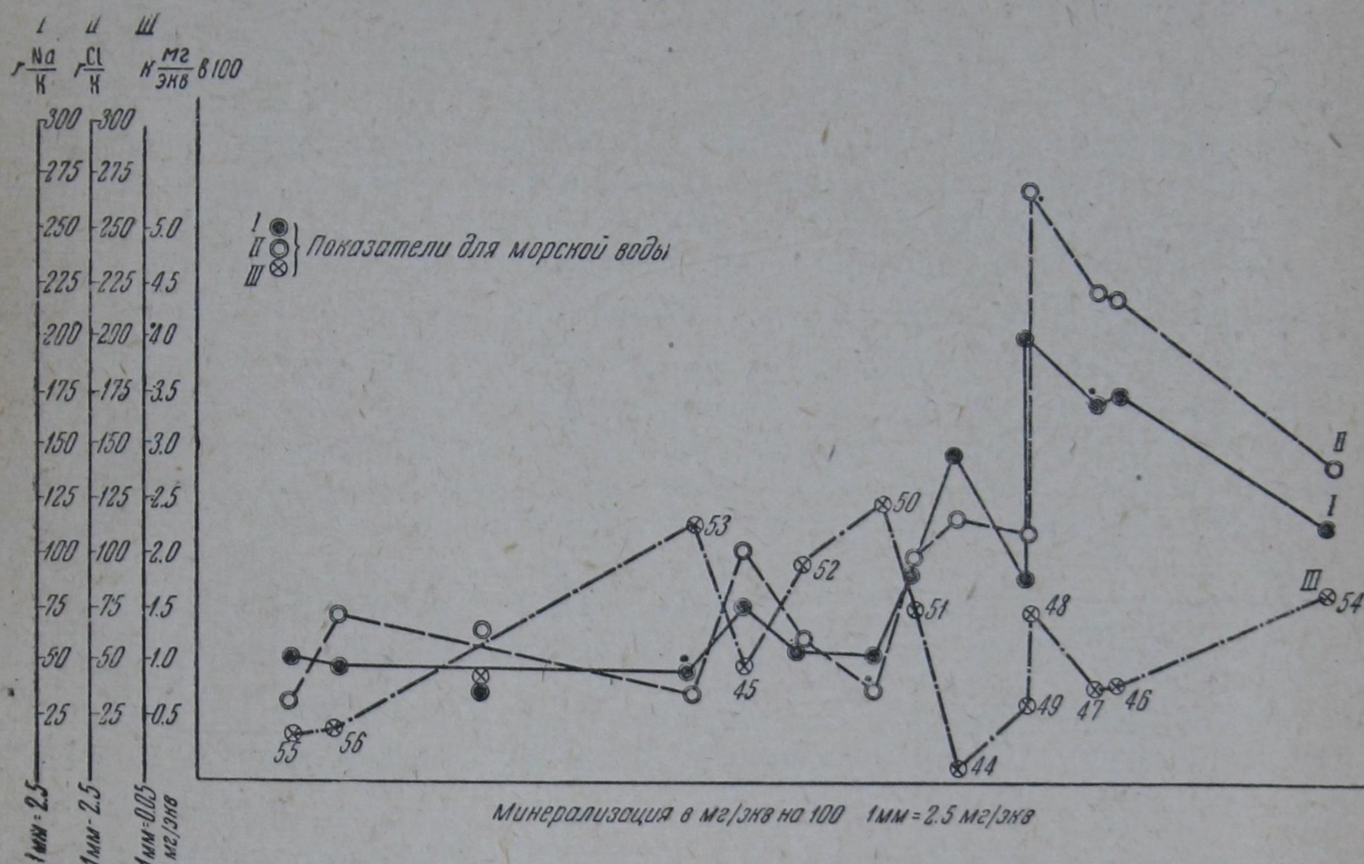
По водам грязевых вулканов имеется, правда, несколько пониженное абсолютное и относительное содержание калия, но порядок цифр остается, однако, одним и тем же.

Весьма близки и значения коэффициентов $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$.

Сопоставление вод грязевых вулканов и нефтяных месторождений других провинций приводит к тем же выводам.

Полное совпадение мы наблюдаем также и в поведении калия при повышении минерализации воды, а именно мы можем констатировать отсутствие пропорциональной зависимости между содержанием калия и минерализацией воды.

Мы встречаем цифры сравнительно высокого абсолютного содержания калия в водах как с низкой, так и с более высокой минерализацией. Например, вода вулкана Мишов-даг (табл.1), имея минерализацию 112.16 мг-экв. на 100 г, содержит калия 0.0119%, а вода того же горизонта с минерализацией 368. 14 мг-экв. на 100 г содержит калия также 0.012%. Одна из вод нефтяных месторождений Биби-эйбата имеет 0.085% калия при минерализации 286 мг-экв., в то время как одна из вод нефтяного месторождения Закаспия содержит 0.0817% калия при минерализации 768 мг-экв. на 100 г.



Фиг. 6. Воды нефтяных месторождений Азербайджана. Продуктивная толща.

Отсутствие зависимости калия от минерализации прекрасно иллюстрируется и соответствующими графиками.

Дальнейшая аналогия вод нефтяных месторождений и грязевых вулканов проявляется в отсутствии взаимозависимости между величинами содержания калия и принадлежностью воды к классу щелочных и жестких хлоркальциевых вод.

Все вышеизложенное позволяет нам сделать вывод о полном тождестве вод нефтяных месторождений и грязевых вулканов в отношении содержания калия в них.

Перейдем теперь к сопоставлению содержания калия в водах грязевых вулканов и в морской воде. Это представляет особый интерес, так как многие исследователи видят в водах нефтяных месторождений, являющихся аналогами вод вулканов, ископаемую морскую воду.

Предварительно выделим в составе вод грязевых вулканов и нефтяных месторождений две группы вод. Первая объемлет воды с минерализацией ниже 130 мг-экв. (минерализация морской воды), вторая вода — с минерализацией, превышающей 130 мг-экв,

Содержание калия в водах грязевых вулканов с минерализацией до 130 мг-экв. колеблется в пределах от 0.0012 до 0.245%, с минерализацией выше 130 мг-экв. — изменяется от 0.0033 до 0.0618%.

Содержание калия в водах нефтяных месторождений с минерализацией ниже 130 мг-экв. выражается цифрами от 0.0008 до 0.020%, с минерализацией выше 130 мг-экв. — имеет пределы от 0.0035 до 0.140%. Содержание калия в морской воде равно 0.038%.

Из приведенных выше данных видно, что содержание калия в водах нефтяных месторождений и грязевых вулканов при минерализациях, меньших минерализации морской воды, ниже, чем в морской воде. При более высоких минерализациях содержание калия в большинстве случаев также ниже содержания калия в морской воде, и лишь в небольшом числе случаев эти цифры. превышают показатели морской воды.

Сравнение величин $\frac{rNa}{rK}$ и $\frac{rCl}{rK}$ в водах нефтяных месторождений и грязевых вулканов и морской воды показывает, что в водах нефтяных месторождений и грязевых вулканов происходит явный сдвиг этих отношений в сторону увеличения содержания в них натрия и хлора, отвечающий относительному уменьшению содержания калия.

Относительное содержание калия в общей солевой массе вод грязевых вулканов $\left(\frac{rK}{\Sigma r} \text{ в } \%\right)$ лишь в исключительных случаях (4 из 48) превышает относительное содержание калия в морской воде, равное 0.75.

Таким образом, можно с несомненностью констатировать полное отсутствие аналогии в составе морской воды и вод грязевых вулканов по содержанию калия и явно преуменьшенное содержание калия, и абсолютное и относительное, в водах грязевых вулканов по сравнению с морской водой.

Весьма показательно, что в лиманах Черного и Азовского морей, тесно связанных с морем, мы наблюдаем обратное явление — накопление и абсолютного и относительного содержания калия.

Так, в лиманах этих морей, по данным В. И. Вернадского [1], содержание калия равно 0.019—0.159 г при минерализации от 50.2 до 134.8 мг-экв. (на 100 г); $\frac{rNa}{rK} = 20.15$; $\frac{rCl}{rK} = 16.44$.

В рапе озер Урало-Эмбенского района, по данным Варова [3], имеем в оз. Искине содержание калия 0.27 г при минерализации 523.34 мг-экв. на 100 г; $\frac{rNa}{rK} = 31$, $\frac{rCl}{rK} = 76.5$. В оз. Доссале калия содержится 0.139 г при минерализации 474.1 мг-экв.; $\frac{rNa}{rK} = 98$, $\frac{rCl}{rK} = 193.2$.

Таким образом, в озерах Эмбы мы имеем совершенно естественное и явное накопление содержания калия по сравнению с морской водой. Аналогичное явление наблюдается и в соляных озерах морского побережья Крыма, по своему происхождению связанных с морем (Н. С. Курнаков).

Для сопоставления содержания калия в водах нефтяных месторождений и грязевых вулканов и минеральных источников Кавказа мы взяли данные Карстенса [6] по Кара-чаю и Минераловодской группе, Григолия [14] — по Абхазии и Попова [9] — по Крыму.

Содеражние калия в этих водах иллюстрирутся табл. 5.

Рассматривая таблицу, мы можем притти к выводу об отсутствии в большинстве случаев накопления калия в водах вышеуказанных минеральных источников.

Для пресной воды рек, по данным В. И. Вернадского [1], мы имеем колебания в содержании калия в пределах от 0.000004 до 0.003 г. Цифры, разумеется, совершенно иного порядка, чем имеющиеся у нас данные для нефтяных месторождений и грязевых вулканов.

Материалы, которыми мы располагаем по проведенному нами изучению содержания калия в родниках и источниках Азербайджана и Крымско-Кавказской провинции, показывают очень незначительные величины. Цифры эти колеблются от следов (Военно-Грузинская дорога, обр. 77/159) до 0.0033% (Булганак, обр. 41/102).

Среди 30 родников, исследованных нами, лишь в двух, сильно минерализованнных, цифры эти вырастают до 0.0144 при минерализации в 19.28 мг-экв. и 0.0319 при минерализации 141.44 мг-экв.

При незначительном абсолютном содержании калия в водах мы наблюдаем явно выраженное относительное накопление калия в пресных водах, иллюстрируемое величиной отношения $\frac{rK}{\Sigma r}$ (в%), колеблющейся в пределах от 0.48 до 5.0.

Подобные же явления относительного накопления калия констатируются и по отношению к натрию и хлору.

ВЫВОДЫ

Результаты наших исследований можно вкратце резюмировать следующим образом:

1. Воды грязевых вулканов по содержанию калия являются аналогами вод нефтяных месторождений.

2. Воды грязевых вулканов, равно как и воды нефтяных месторождений, имеют повышенное абсолютное содержание калия и пониженное относительное — по сравнению с пресными водами.

3. По сравнению с морской водой воды грязевых вулканов и нефтяных месторождений в огромном большинстве случаев имеют явно пониженное абсолютное содержание калия. Воды грязевых вулканов и нефтяных месторождений не концентрируют, следовательно, в своем составе калий.

Таблица 5

Воды минеральных источников[1]

№ по пор.	Район	K в вес. %	K в мг-экв.	Σr	$\frac{rNa}{rK}$	$\frac{rCl}{rK}$	$\frac{rK}{\Sigma r}$ в %	Литература
1	Абхазия	0.0001—0.0067 (0.052)	0.003—0.17 (1.33)	1.01—18.47 (100.08)	20.53—90.66	2.26—37.09	0.29—0.94	Сб. под. ред. Григолия
2	Махач-кала . .	0.0047	0.12	16.38	34.58	34.12	0.75	Огильви и Карстенс (8)
3	Кара-чай	0.0001—0.0056	0.0028—0.14	0.37—63.02	8.25—101.91	1.23—119.26	0.22—0.76	Карстенс (6)
4	Кавказ	0.0004—0.0085	0.01—0.21	4.24—32.92 (65.38)	15.4—563	8.21—79.70 (248.3)	0.23—0.69	»
5	Крым	0.0002—0.0048 (0.012)	0.004—0.12 (0.31)	1.45—13.58 (44.54)	3.14—36.25 (260)	6.39—31.69 (58.83)	0.14—0.70	Попов (9)

[1] В скобках помещены цифры, являющиеся исключением.

4. Содержание калия в водах нефтяных месторождений и грязевых вулканов не является функцией минерализации воды.

5. Процессы накопления калия в водах грязевых вулканов не являются процессами концентрирования его содержания при концентрировании вод, как это имеет место в приморских соленых озерах.

6. Основной путь для солоноватых вод грязевых вулканов (соленость ниже морской воды) — это путь выщелачивания солевого остатка пород. В водах более высокой минерализации имеет место и вытеснение калия катионами вод из поглощенного комплекса пород. В некоторых случаях при весьма высоких минерализациях накопление калия есть непрямая функция минерализации. При высоких концентрациях вод наблюдается процесс потери калия путем обратного введения его в поглощающий комплекс пород.

7. Процессы введения калия в состав вод нефтяных месторождений и грязевых вулканов достаточно сложны и требуют обстоятельного изучения, прежде всего опирающегося на выяснение содержания общего и водорастворимого калия в породах, слагающих брекчии грязевых вулканов и нефтяных месторождений, равно как и содержания калия в поглощенном комплексе этих пород.

Изучение это и проводится нами.

Считаю нужным выразить благодарность В. А. Сулину за помощь, оказанную при работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В. И. История минералов земной коры. Природные воды. Л. 1924—1927.
2. Виноградов А. П. Тр. Биогеохим. лаборатории, т. III, 1935.
3. Варов. Урало-Эмбенский район. Отчет экспедиции по соляным куполам за 1936 г.
4. Голубятников. Биби-эйбат, ч. III, Тр. Геол. ком. (новая серия), вып. 141.
5. Косыгин. А. И. Воды грязевых вулканов Зап. Туркмении. Изв. Акад. Наук, 1935.
6. Карстенс. Минеральные воды Кара-чая.
7. Clark F. W. The Data of Geochemistry, 1924.
8. Огильви и Карстенс. Бальнеологические средства г. Махач-кала и его окрестностей.
9. Попов. С. П. Минеральные источники Крыма.
10. Роджерс. Химические соотношения вод нефтяных месторождений.
11. Сулин В. А., Варов, Гуляева и др. Сб. работ по Верхнечусовским городкам.
12. Сулин В. А. Воды нефтяных месторождений. М. 1935.
13. Зернов. Гидробиология.
14. Физико-химическая характеристика минеральных источников Абхазии. По материалам экспедиции ГКУ и ВИЭМ 1933 г. (под ред. д-ра Григолия).
15. Ферсман А. Е. Геохимия, т. II и III, М.—Л., 1934—1936.
16. Хлопин В. Г. Методы санитарного анализа вод.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

В. Э. ЛЕВЕНСОН

ПРОБЛЕМЫ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ БИТУМИНОЛОГИЯ [1]

Комплексное изучение грязевого вулканизма в том виде, в каком оно проводится в настоящее время ИГИ АН,—несомненно, новое явление в науке.

От предпринимавшихся ранее исследований грязевых вулканов его отличает прежде всего несравненно большее число охваченных объектов, достаточно широкая опытная база, представляющая необходимую предпосылку надежности общих выводов. Еще существеннее разница в самом характере исследования. До сих пор мы имели здесь исключительно работы геологов, лишь изредка дополняемые произведенными по их заданию механическими, минералогическими, палеонтологическими и, в отдельных случаях, химическими анализами брекчий или коренных пород. Иногда сюда присоединялось еще несколько химических определений, относящихся к воде и газу. Сейчас, вместо таких случайных единичных анализов, перед нами многочисленные ряды данных, рисующих литологию грязевых вулканов, геохимические соотношения их пород, брекчий и вод, систематически изученный состав их газовой фазы.

Особенности характера выполняемой теперь работы не исчерпываются, однако, развитием в крупные разделы ее тех элементов, которые уже имелись ранее в зачаточном состоянии. В ней представлены вместе с прежними направлениями исследования и такие, которыми наука никогда еще не пользовалась для освещения вопросов, связанных с грязевыми вулканами.

Среди этих, неизвестных прежде путей имеется один, явившийся результатом применения принципов, принадлежащих совершенно новой, начинающей только оформляться, научной дисциплине. На нем я и позволю себе остановить сейчас внимание читателя.

1

Около 10 лет назад были начаты под моим руководством исследования над битуминозными ископаемыми, имевшие довольно мало общего с производившимися до того времени работами в этой области.

Прежние исследования охватывали почти исключительно такие битуминозные образования, которые привлекали научную мысль своим крупным прикладным значением. С другой стороны, работы эти либо были чисто химическими, либо представляли собой механическое соединение результатов химического анализа с теми или иными геологическими построениями.

---

[1] В исследованиях, которым посвящено настоящее сообщение, принимал участие ряд сотрудников Кабинета геохимической битуминологии ИГИ. Больше всего труда принадлежит здесь научн. сотр. Н. П. Кузнецовой. Немало усилий вложено в эту работу также научными сотрудниками С. Н. Максимовой и М. Н. Соколовой. Следует упомянуть кроме того о старш. лаборанте А. И. Воробьевой, оказавшей нам значительную помощь во время экспедиции 1936 г.

Автором статьи осуществлялось лишь общее научное руководство работой.

Мы поставили своей целью поднять координацию усилий геологии и химии от этой примитивной, крайне несовершенной формы до уровня действительного их синтеза. Наше поле зрения уже не ограничивается более битумами, образующими крупные залежи. Для нас огромный интерес приобретают даже такие битуминозные вещества, которые присутствуют в породах в виде незначительных включений и сами по себе не играют никакой практической роли. Широкая распространенность их в земной коре позволяет основательно познакомиться с тенденциями их изменений на обширных площадях. Внимательное изучение изменений этих реакционно-способных веществ должно помочь нам установить отображающиеся в них общие геохимические соотношения.

Направления в земной коре, по которым могли зафиксироваться такие соотношения, и являются руководящими при отборе проб для нашей работы. Мы следуем при этом совершенно объективно всем линиям, оправдываемым с геологической точки зрения.

Между такими направлениями одним из основных служит приближение к интересующему нас объекту. Двигаясь по одному какому-либо ярусу, свите, горизонту, мы соответственно суживаем возможное влияние различия факторов, действовавших в разные геологические периоды.

Одновременно нами систематически изучаются пробы, принадлежащие различным стратиграфическим единицам. Эти исследования проводятся по разрезам вертикальным и в крест простиранию, удаленным от интересующих нас объектов, и потому свободным от их возможного метаморфизирующего влияния. Таким образом, мы устанавливаем химические особенности, свойственные битумам определенной геологической эпохи.

В каждую подобную серию образцов уже вложен свой определенный геологический смысл. Подвергая их детальному химическому изучению, мы осуществляем действительно глубокий синтез геологии и химии.

Непосредственным предметом нашего изучения служат прежде всего битуминозные образования и процессы, в них совершающиеся.

В этой части исследований главным методологическим началом является принцип комбинированного типового изучения. Сущность его состоит в том, что в извлеченных из пород битумах определяются сначала несколько основных физических констант и содержание четырех широких групп компонентов. Это — карбены, асфальтеновая часть, смолы, маслянистые компоненты.

Уже такой анализ позволяет нам зачастую установить закономерности, представляющие значительный общий интерес как теоретического, так и прикладного порядка. Необходимо заметить, что чем выше в битуме концентрация маслянистых компонентов, чем меньше в нем асфальтеновой части и карбенов, тем ниже степень его асфальтизированности, тем ближе он стоит по своему характеру к нефти.

В этой фазе наша работа, однако, никогда не останавливается. Выявленные количественные соотношения в концентрации четырех компонентов позволяют разбить всю массу изучаемых битумов на несколько основных типов. Среди хорошо выраженных членов каждого из них избирается, далее, ряд образцов по всем направлениям в земной коре, заслуживающим внимания в соответствии с общими установками исследования. Число этих проб вдвое превосходит намеченное для наиболее углубленного изучения. Следующий затем этап «полного группового анализа» (анализ на девять компонентов) позволяет выбрать из этого материала характернейших представителей выделенных типов. Эти битумы — и только они — подвергаются многообразнейшему детальному исследованию. Детальным анализом устанавливаются в них два-три химических соединения (или физико-химических свойства), показывающих характерные изменения по интересующим нас геологическим линиям. После разработки соответствующих методов эти определения — и только они — выполняются на всем огромном числе

извлеченных битумов. Очерченный сейчас путь позволяет сравнительно ограниченному коллективу сотрудников установить необходимые руководящие индексы и затем испытанием на широком круге битуминозных веществ проверить их надежность. Первой работой, в которой был применен описанный сейчас методологический принцип, явился цикл исследований, посвященный изучению битумов эксплоатирующихся уже нефтяных месторождений Апшеронского полуострова. Он принес нам ряд интереснейших закономерностей в изменениях характера битумов с приближением к нефтяной залежи. То же можно сказать и об исследованиях по вертикальному разрезу, в различных отделах продуктивной толщи. Эти закономерности охватывают различные показатели асфальтизированности битумов, а также соотношения в процессах их распада и синтеза. Чрезвычайно существенны результаты, полученные и при дальнейшем детальном анализе битумов нефтеносных районов: на пирроловые производные, органические галоиды, соединения, заключающие активный водород [1].

Битумы нефтяных месторождений послужили первым объектом и для другой категории наших исследований. Предмет изучения в этих работах — не сами битуминозные вещества и не разыгрывающиеся в них явления. Они посвящены процессам, с о п р я ж е н н ы м с такими явлениями, но протекающим в окружающей битумы неорганической среде.

От этих исследований мы также получили очень много ценных данных, относящихся к битумам нефтеносных площадей. В качестве примера укажем на результаты изучения изменений в содержании различных химических форм неорганической серы. Помимо большого теоретического интереса, итоги этой работы привели к установлению принципов прогноза продуктивности бурящейся скважины, известного под названием «сульфатного метода глубокого зондирования на нефть» [2].

2

Сущность общих методологических начал, только что сжато изложенных нами, допускает применение их к разрешению проблем, очень различных по своему содержанию.

Мы уже указали на роль этих принципов в освещении теоретических и прикладных вопросов, касающихся непосредственно нефти и ее месторождений. Успех первых работ побудил нас испытать плодотворность методов геохимической битуминологии также и в изучении явлений грязевого вулканизма. Для этого было тем более оснований, что одной из существеннейших задач наших исследований грязевых вулканов служит выяснение их связи с нефтеносностью.

Следует, однако, тут же заметить, что разрешение проблемы грязевого вулканизма нами не сводится только к освещению моментов этого порядка. Она слагается для нас, как и для всей нашей вулкановедческой группы, из целого ряда вопросов. Главный интерес представляют здесь: 1) факторы, обусловливающие образование и поддерживающие дальнейшее существование грязевого вулкана; 2) происхождение неорганических компонентов, формирующих вулкан; 3) природа и происхождение органических, в частности битуминозных, компонентов вулкана; 4) связь между грязевыми вулканами и месторождениями нефти; 5) способы обнаружения в районе грязевого вулкана нефтеносных пластов промышленного значения и возможность ориентировочного определения степени их насыщенности.

Как преломились в нашей работе, посвященной этим вопросам, общие принципы геохимической битуминологии, с которыми мы познакомились?

При исследовании грязевых вулканов нами изучаются прежде всего изменения, наблюдающиеся вблизи сопки и по приближению к ней. Особый интерес они представляют в том горизонте, на котором сопка расположена, или в глубже лежащих. Ведь именно в этих толщах находится, очевидно,

очаг вулкана. Одинаково существенны при этом закономерности, касающиеся битуминозных веществ и сред, соприкасающихся с ними.

Изучая эти изменения параллельно с исследованием битуминозного комплекса самого вулкана и сопряженных процессов, протекающих в неорганических компонентах его, мы сравниваем получающиеся данные с результатами аналогичных работ, проведенных в районах нефтяных месторождений. Перед нами также — ценная возможность сопоставить картину, наблюдающуюся в случае грязевого вулкана связанного с нефтью и с нею не связанного, нефтяного месторождения приуроченного к грязевому вулкану и к нему не приуроченного.

Исследование битумов различных стратиграфических горизонтов, проводимое в достаточном удалении от очага вулкана, должно дать опорные точки для корреляционных заключений о коренных породах в изучаемых системах. Оно может способствовать, далее, выявлению элементов определенных стратиграфических единиц в сопочной брекчии. Оно сильнее оттеняет, наконец, метаморфизирующее влияние грязевого вулкана и таким образом позволяет лучше понять его специфику.

Сравнивая намечающиеся выводы с соответствующими итогами изучения других геологических структур, [1] мы приходим к ряду окончательных заключений, ориентирующих нас в вопросах генезиса органических и неорганических элементов грязевого вулкана и его соотношений с залежами нефти.

Размеры статьи не оставляют более места для общих соображений о методологических основах выполняемой работы. Но для понимания законченных к настоящему времени этапов ее сказанного вполне достаточно.

Мы можем теперь обратиться к непосредственному изложению результатов наших экспериментальных исследований.

3

Как уже было сказано, проводимое нами изучение явлений грязевого вулканизма суммируется, подобно всем другим нашим исследованиям, из двух, неразрывно связанных между собой, но совершенно различных по существу частей. Это, во-первых, собственно битуминологические исследования, исследования битуминозных образований вулкана и явлений, в них совершающихся; во-вторых, изучение сопряженных процессов в окружающих неорганических средах.

Начнем с первого из этих двух разделов. Вопрос, который здесь прежде всего привлекает внимание битуминолога, это — суммарные концентрации битума, картина его распределения в системе вулкана.

По 24 объектам, где до сих пор выполнены нами такие определения, высшее содержание битума в коренных породах из системы вулкана составляет 6.44, низшее — 0.001, среднее — 0.32%. [2] В сопочной брекчии: максимальное 10.17, минимальное 0.003, среднее 1.17%. [3]

Уже приведенные сейчас цифры показывают повышенное содержание битума в сопочной брекчии по сравнению с коренными породами. Но кроме этих пределов и средних величин для всех изученных вулканов en bloc, мы располагаем и другими, еще более показательными данными.

В 12 случаях нам удалось отобрать по одному и тому же вулкану одновременно и брекчии (18 проб) и коренные породы из горизонтов, на которых он расположен, а также из более глубоких (26 проб).

Табл. 1 знакомит нас с процентным содержанием битума во всех относящихся сюда образцах. Мы видим, что в десяти из двенадцати охватываемых

---

[1] Например, — соляных куполов.

[2] Здесь имеются в виду не выбросы коренных пород, а породы на корню. Для исследования не брались породы из самых выходов нефти и других битумов.

[3] Под сопочной брекчией в этом сообщении понимается свежий ил из кратера вулкана.

ею вулканов содержание битума в брекчии больше (часто гораздо больше), чем в соответствующих породах. Лишь в двух случаях обнаруживается отступление от этого соотношения. Это, во-первых, Ахтарма Путинская, по которой у нас имеется только одна порода из майкопа и где не исключена возможность, что очаг вулкана расположен выше этого яруса; во-вторых, Сев. Астраханка, для которой, в виду ее особенностей по сравнению с остальными исследованными объектами, собранный материал никак нельзя считать достаточным.

Таблица 1

Содержание битума в свежих глубинных брекчиях и в коренных породах, отобранных на некотором расстоянии от кратера

(Азербайджан)

Вулкан	На каком горизонте расположен	Коренная порода		Свежая брекчия.
		горизонт	общий % битума	Общий % битума
Отман-бозы-даг	Апшерон ср.	Апшерон н.	0.02	0.19
Нефтяная балка	»	Акчагыл	0.04	0.21
Юркина сальза	Продуктивная толща, н. о.	Продуктивная толща	0.07	0.83
			0.003	
Ахтарма Путинская	То же, в. о.	Майкоп	0.57	0.28
Ахтарма Карадагская	То же, н. о.	Продуктивная толща, ср. о.	0.02	0.12
Зап. Котур-даг { в. поле	Продуктивная толща	Продуктивная толща	0.05	0.33
Зап. Котур-даг { н. поле	»			0.10
Дышгил	»	Продуктивная толща, н. о.	0.05	0.24
Зигиль-пири	»	»	0.90	10.17
	»	»	6.44	
	»	Майкоп	0.02	
	»	»	0.06	
	»	»	0.05	
	»	Коун	0.02	
	»	»	0.02	
	»	»	0.02	
	»	»	0.01	
Шор-сулы	Диатомовые слои	Диатомовые слои	0.74	9.43
	»	»	0.02	
	»	»	0.01	
Зап. Набур, Черная горка	Коун	Сумгаит	0.01	0.04
	»	»		0.11
» » южн. группа	Майкоп н.	Майкоп н.	0.14	2.40
Южн. Иланлы	»	»	0.01	0.06
	»	»	0.03	
Сев. Астраханка	Юнус-даг	Юнус-даг	0.01	0.003
	»	»	0.02	0.01
	»	»		0.03
Отман-бозы-даг	Апшерон ср.	Апшерон в.	0.02	
М. Мишов-даг	»			0.80
Чухур-оглы-бозы	Апшерон н.			0.03
Сопка № 10	»			0.13
Ахтарма Карадагская	Продуктивная толща, в. о.	»	0.02	
Гутерлык	»	»	0.02	
Б. Боз-даг	Продуктивная толща			0.11
Сопка в 2 км от Гюльбахта	Пент			0.08

С полной объективностью можно, таким образом, сказать, что, по изученным нами пока вулканам в брекчиях или, иначе говоря, в зоне очага вулкана наблюдается, как правило, накопление битуминозных веществ.

В нашем распоряжении имеется в настоящее время уже некоторый опытный материал, позволяющий судить и о групповом составе битумов в системе грязевого вулкана.

В майкопской свите, диатомовых слоях и продуктивной толще — в каждой из этих трех стратиграфических единиц нами взяты по одному и тому же вулкану образцы пород с различной (иногда резко различной) суммарной концентрацией битума.

Таблица 2

Соотношения между групповым составом битума и его содержанием в коренных породах, отобранных в районе грязевого вулкана

Вулкан	Возраст коренной породы	Общая битуминозность %	Процентное содерж. в битуме		
			масл. комп.	асфальтенов	асфальтенов и карбенов
Зигиль-пири . .	Продуктивная толща	0.90	42.09	4.57	5.29
		6.44	72.95	3.36	4.25
Шор-сулы . . .	Диатомовые слои	0.02	13.55	43.57	56.17
		0.74	53.08	8.48	11.56
Зигиль-пири . .	Майкоп	0.02	23.03	26.80	44.63
		0.06	44.50	4.61	10.41

Табл. 2 рисует нам картину изменения в составе битуминозных веществ, сопутствующего увеличению этого общего содержания битума в породе. Пробы, к которым относятся выписанные здесь результаты исследования, представляют собой образцы коренных пород, отобранных в системах двух вулканов: Зигиль-пири и Шор-сулы. Сопоставляя между собой пробы, относящиеся к каждой из трех свит, мы замечаем, что и по продуктивной толще, и по диатомовым слоям, и по майкопу с увеличением общей битуминозности возрастает концентрация маслянистых компонентов и параллельно падает содержание асфальтенов, а также сумма их с карбенами. Другими словами, повышению содержания битума в коренной породе отвечает меньшая степень его асфальтизированности, бóльшая близость его по составу к нефти. Надо отметить, что это соотношение наблюдалось уже нами ранее при изучении битумов в районах нефтяных месторождений.

Итак, мы сейчас констатировали две закономерности. С одной стороны,— повышение концентрации битуминозных веществ в свежей брекчии, т. е. в зоне очага вулкана, по сравнению с коренными породами, отобранными в некотором расстоянии от него. С другой стороны,—наблюдающийся в системе вулкана параллелизм между увеличением содержания битума в коренной породе и уменьшением его асфальтизированности (т. е. приближением его по составу к нефти).

Закономерности эти представляют, несомненно, значительный интерес. При дальнейшем их подтверждении на более обширном материале они уже сами по себе могут сыграть немалую роль в освещении проблем, которым посвящены наши комплексные исследования. Здесь уместно, однако, указать еще на одно обстоятельство, которому суждено, быть может, пролить особый свет на некоторые вопросы генезиса грязевых вулканов.

Сопочная брекчия образовалась из коренных пород, принадлежащих горизонту, на котором расположен вулкан, и залегающих глубже. Коль скоро брекчия содержит больше битума, чем коренные породы из этих гори-

зонтов, взятые в некотором удалении от кратера, тем же повышенным содержанием битума должны характеризоваться и коренные породы, находившиеся непосредственно в зоне теперешнего кратера и послужившие материалом для брекчии. Далее, если повышенному содержанию битума в пробе коренной породы отвечает меньшая его асфальтизированность, бóльшая близость по характеру к нефти, то в брекчии, образовавшейся из коренной породы и содержащей больше битуминозного вещества, чем любая из соответствующих коренных пород, битум должен быть еще менее асфальтизирован, еще более приближаться к нефти по своему составу.

Непосредственных опытных данных для суждения о том, заключает ли коренная порода, из которой образовалась брекчия, больше битума, чем породы из того же горизонта, но расположенные вдали от кратера, в нашем распоряжении нет, да, строго говоря, и быть не может. Но материал, позволяющий сравнить асфальтизированность битума брекчии и коренных пород, более или менее удаленных от вулкана, у нас имеется. И этот экспериментальный материал показывает нам, что меньшей асфальтизированности битума в брекчиях, по сравнению с породами вдали от кратера, в качестве выдерживающейся закономерности не наблюдается. Табл. 3 демонстрирует два примера отсутствия таких соотношений:

Таблица 3

Отсутствие таких соотношений при переходе от коренной породы к брекчии

Вулкан	Образец	Общая битуминозность %	Процентное содерж. в битуме		
			масл. комп.	асфальтенов	асфальтенов и карбенов
Дышгил	Продуктивная толща н. о.	0.05	71.64	2.84	2.90
	Брекчия	0.24	56.67	1.97	2.01
Шор-сулы	Диатомовые слои	0.74	53.08	8.48	11.56
	Брекчия	11.11	51.50	20.25	20.90

Повидимому, наше исходное предположение было несправедливо, и битуминозный комплекс брекчии чем-то отличается от битума коренной породы, послужившей для нее материалом.

Чем объясняются эти различия? Имеем ли мы здесь дело с изменениями, происшедшими при самом превращении коренной породы в брекчию? Связаны ли они более или менее тесно с образованием газовой фазы вулкана или с действием вод, с присутствием в брекчии элементов более древних стратиграфических единиц, с проникновением к очагу вулкана битумов откуда-то со стороны, или с какими-нибудь иными факторами?

Я считаю данные, которыми мы располагаем сейчас, еще недостаточными для определенного решения этого вопроса. Но высказанные сейчас соображения должны были, мне кажется, с достаточной ясностью показать правильность и плодотворность избранного нами пути. Мы видим, что кроме указанных ранее определенных закономерностей он подводит нас вплотную к вопросу о происхождении и природе компонентов и сил, формирующих вулкан. Он позволяет вместе с тем накопить постепенно опытный материал, необходимый для решения таких вопросов. Я убежден, что недалеко время, когда результаты продолжающихся камеральных исследований позволят нам сделать значительный шаг вперед в этом направлении.

Знакомя читателя с общими принципами геохимической битуминологии и с их преломлением в нашей работе по грязевым вулканам, мы уже не раз говорили о значении систематического анализа битуминозных образований из пород различных возрастов, проводимого по разрезам, несколько удаленным от изучаемых объектов. Я не буду поэтому останавливаться здесь на целях относящихся сюда определений, а перейду прямо к их результатам.

Изучение относящихся сюда образцов было выполнено по шести стратиграфическим единицам: акчагылу, продуктивной толще, диатомовым слоям, майкопу, коуну и юнусдагу.

В табл. 4 приведены данные о концентрации маслянистых компонентов в битумах, принадлежащих всем этим толщам.

Не вдаваясь в подробный разбор значений этой величины по отдельным ярусам, подчеркнем лишь гораздо более высокое содержание маслянистых компонентов в битумах продуктивной толщи и горизонтов, расположенных над нею, по сравнению с битуминозными образованиями в породах более древних.

На этом мы могли бы закончить краткий обзор наиболее существенных фактических данных, полученных пока по первому разделу наших исследований, т. е. при изучении битуминозных образований в системе вулкана и протекающих в них явлений. Мне хотелось бы, однако, сказать здесь еще несколько слов.

Таблица 4

Среднее содержание маслянистых компонентов в битумах различных толщ в районах грязевых вулканов

(Азербайджан)

Отложения	Содержание маслянистых компонентов в битуме %
Продуктивная толща и более молодые	*65.25*
Акчагыл	75.38
Продуктивная толща	62.72
Отложения более древние	*40.51*
Диатомовые	33.32
Майкоп	45.28
Коун	27.64
Юнусдаг	53.45

Я уже имел случай отметить, что ни одна из проб, к которым относятся приведенные нами до сих пор цифры, не была взята с дневной поверхности. Ни коренные породы, ни брекчии не были отобраны из сферы непосредственного соприкосновения с атмосферой. Хотя соображения, лежащие в основе такого отбора образцов, должны быть всем понятны, нелишне все же, быть может, продемонстрировать здесь существенное значение этой предосторожности.

Таблица 5

Асфальтизированность битума в свежих брекчиях, отобранных у дневной поверхности и из глубины кратера

$$F = f\,[A, (A + P), Ol]; \quad F_1 = f\,[(A + C), (A + P), Ol]$$

Вулкан	Глубина отбора пробы	F	F_1
Набур, южн. группа	3.5 м	1.00	7.35
	У дневн. пов.	24.02	25.71
Набур, сев. группа	6.5 м	3.03	3.50
	У дневн. пов.	4.85	5.80

Табл. 5 с полной убедительностью показывает нам увеличение степени асфальтизированности битума в жидкой брекчии одного и того же вулкана, взятой у дневной поверхности, по сравнению с отобранной в глубине кратера. Степень асфальтизированности выражена здесь особыми функциями (F и F_1) трех величин. Это — концентрации: 1) асфальтенов (A) или асфальтенов и карбенов вместе взятых (A+C); 2) суммы асфальтенов со смолами (A+P) и 3) маслянистых компонентов (Ol).

4

Вторая часть нашей работы была посвящена изучению сопряженных процессов в неорганических средах, граничащих с битумами грязевого вулкана. Главным содержанием ее послужили исследования в области так называемого окислительно-восстановительного потенциала.

Общеизвестна та огромная, исключительная роль, которую играют в природе процессы окисления и восстановления. Это колоссальное значение окислительно-восстановительных явлений с полной ясностью воспринято в различных областях естествознания.

Давно уже к сознанию необходимости специального изучения отдельных реакций восстановления и окисления присоединилась потребность в установлении величины, которая могла бы явиться общим основанием для суждения об окислительно-восстановительной интенсивности любой системы. Такую константу наука и имеет теперь в значениях окислительно-восстановительного потенциала.

Читателями этого сборника будут не только химики, и даже преимущественно не-химики. Поэтому мне придется остановиться здесь хотя бы кратко на сущности этой величины и на принципах, лежащих в основе ее определения.

Современная химия понимает под окислением три процесса: 1) присоединение кислорода, 2) отнятие водорода или 3) повышение валентности элемента.

Понятие химического восстановления прилагается к противоположным явлениям: присоединению водорода, отнятию кислорода или понижению валентности.

Согласно электронной теории строения вещества, в электрически нейтральном атоме мы имеем всегда количество отрицательно заряженных частиц (электронов), равное числу элементарных положительных зарядов ядра. Напротив, в ионе, т. е. в электрически заряженном атоме, этого равенства нет. Потеря электрически нейтральным атомом электронов делает его заряженным положительно. Обратное явление дает отрицательно заряженный атом. С этим процессом потери или накопления электронов связано изменение числа положительных или отрицательных валентностей элементов. Так, переход двухвалентного железа в трехвалентное обусловливается потерей двухвалентным атомом железа еще одного электрона. Два других из перечисленных нами только что видов восстановления и окисления могут быть сведены, в конце концов, к аналогичным процессам.

Существовавшее когда-то в науке деление веществ на два класса: «восстановителей» и «окислителей», давно уже признано несостоятельным. Одно и то же вещество B может быть окислителем в отношении вещества A и восстановителем в отношении C. Все соответствующие вещества можно, таким образом, представить себе расположенными в ряд, каждый из членов которого будет восстановителем (или окислителем) для предшествующего члена и окислителем (или восстановителем) для последующего. Отсюда естественно является мысль о некоторой общей мере окислительно-восстановительной интенсивности.

В основу избрания этой общей меры было положено соображение о том, что окислительно-восстановительная интенсивность любой системы может быть приравнена к восстановительной интенсивности водорода, находящегося под некоторым определенным давлением. Величина давления водорода, находящегося в равновесии с системой, и может, таким образом, служить мерилом ее окислительно-восстановительной интенсивности.

Давление это в случаях, с которыми нам приходится обычно встречаться, весьма мало. Выраженное в атмосферах, оно представляет собою дробь, знаменателем которой служит единица с более или менее длинным рядом нулей. Поэтому вместо самой дроби пользуются в качестве мерила ее отрицательным логарифмом. Таким образом получают величину окислительно-восстановительной интенсивности, выраженную в довольно простых и притом положительных числах. Этот «отрицательный логарифм гипотетического давления водорода, находящегося в равновесии с системой», и обозначают термином «окислительно-восстановительного потенциала» или, для краткости, знаком rH (иногда rH_2).

Как же измеряется на деле эта величина? Очень простой практический принцип ее определения напрашивается сам собой, как следствие из той электронной теории окисления и восстановления, которой я позволил себе только что коснуться.

Представим себе сначала, для простоты, растворы какой-либо закисной и окисной соли, например, меди, смешанные между собой в двух различных пропорциях. Смеси эти помещены в два отдельных сосуда. В сосуде с бо́льшим содержанием закисного соединения мы будем иметь и бо́льшее количество электронов, чем в другом сосуде с более высокой концентрацией окисной соли. Соединим между собой оба сосуда трубкой, содержащей электролит и в то же время исключающей своим устройством возможность диффузии (для этого применяется обычно так называемый «сифон» с раствором хлористого калия и агар-агара). Опустим теперь в каждый из наших сосудов по электроду из химически индифферентного металла (золото, платина). На свободных концах их установится определенная разность электрических потенциалов. Соединив эти концы проволокой, мы сможем констатировать в ней ток: избыток электронов из жидкости с большим содержанием закисной соли потечет по замыкающему цепь проводнику к жидкости с меньшим ее содержанием. Электродвижущая сила тока E, соответствующая этой разности потенциалов, будет отражать в себе взаимное отношение окислительно-восстановительных интенсивностей обеих бинарных систем. Беря вместо одной из них всегда какой-либо стандартный «электрод сравнения», мы получим для любой изучаемой системы определенную величину E. (Наиболее рациональным теоретически, но практически мало удобным является непосредственное применение так называемого «нормального водородного электрода»). Окислительно-восстановительный потенциал вычисляется затем, как очень простая функция E и определяемой параллельно «концентрации водородных ионов» (оказывающей существенное влияние на уровень окислительно-восстановительной интенсивности). Таким образом, получают значение rH исследуемого вещества, лежащее между нулем, соответствующим потенциалу водородного электрода, и сорока одной целой, отвечающей rH электрода кислородного.

Понятие окислительно-восстановительного потенциала играет значительную роль в различных областях физической, аналитической и биологической химии. Ему посвящено в этих отраслях знания очень большое количество работ. Среди них в качестве основополагающих можно назвать труды Банкрофта, Кларка (W. M. Clark), Фреденгагена, Кольтгоффа, Леблана, Михаэлиса, Неймана, Ви. Оствальда, Петерса.

Совершенно иначе сложилась, однако, судьба этой величины в науках о земной коре. Здесь связанные с нею представления проникли слегка лишь в почвоведение [3] и в весьма немногие отделы гидрологии.

Геохимии, как таковой, понятие rH продолжало оставаться, насколько нам известно, совершенно чуждым. Таким образом, исследования, о которых мы позволим себе сейчас сообщить, представляют собой, вообще, первую попытку воспользоваться этой величиной в освещении проблем геологии.

Экспериментальные данные, которые мною будут приведены, представляют собой результаты полевых определений окислительно-восстановительного потенциала вод, жидких брекчий и коренных пород в системах грязевых вулканов Керченского и Таманского п-овов, Кубани, Грузии и Азербайджана.

Уже предварительная ориентировочная работа в этом направлении, выполненная во время двухмесячного участия нашей группы в первой экспедиции ИГИ АН по грязевым вулканам в 1935 г., показала существование ряда различий в значениях этой величины у разных категорий брекчий и вод. Некоторые виды этого геологического материала характеризовались небольшими отличиями, которые выдерживались иногда лишь в рамках одного и того же объекта. Но на фоне этих незначительных градаций еще тогда бросался в глаза резко выделявшийся уровень окислительно-восстановительного потенциала одной разновидности образцов. Это были пробы, содержавшие сероводород.

Более обширные и основательные исследования, проведенные во вторую (прошлогоднюю) экспедицию, вполне подтвердили существование этой отчетливой разницы в величине rH между образцами, заключающими сероводород и от него свободными. Не оставалось никакого сомнения в универсальности этих соотношений.

Таблица 6

rH образцов, содержащих H_2S и его не содержащих

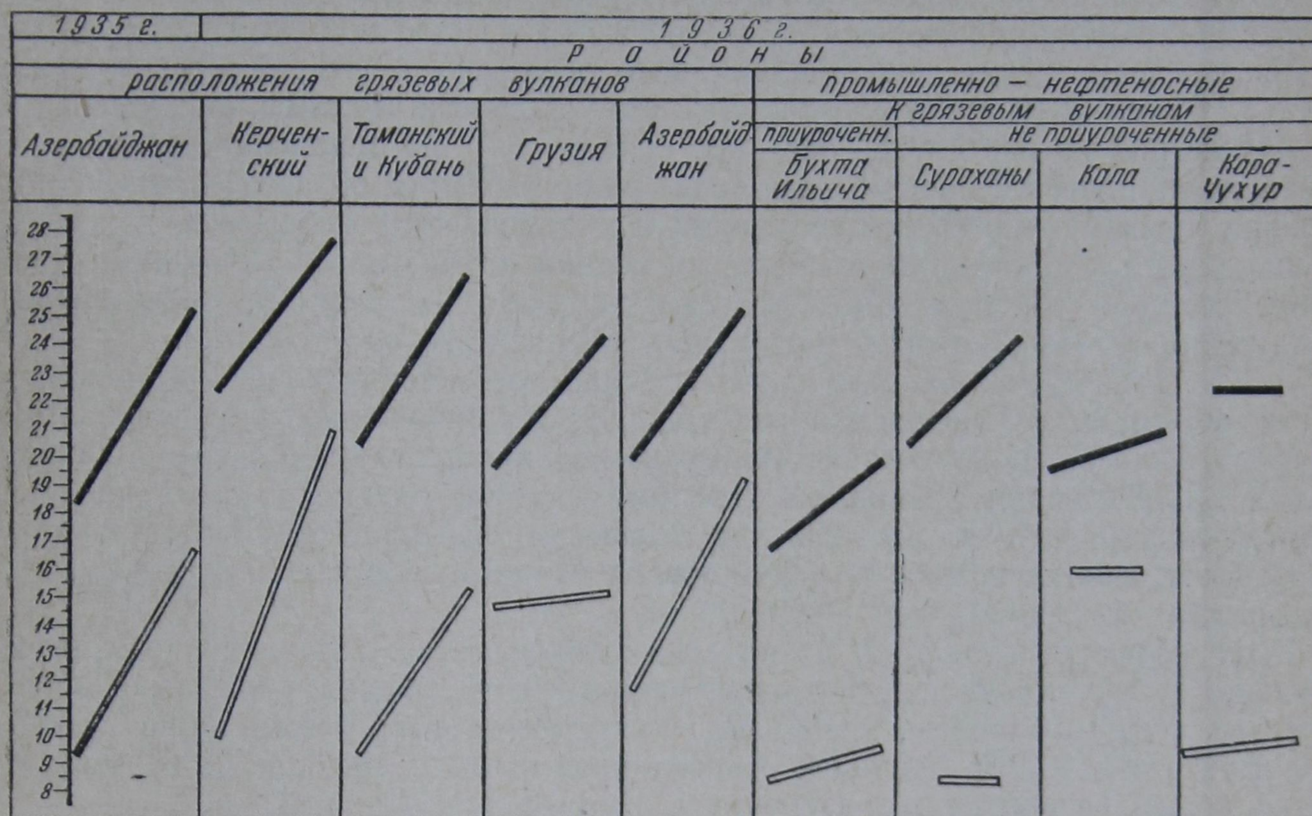
Район	Образцы с H_2S										Образцы без H_2S									
	Общее число образцов	rH	с нефтью				без нефти				Общее число образцов	rH	с нефтью				без нефти			
			воды		илы		воды		илы				воды		илы		воды		илы	
			число образцов	rH	число образцов	rH	число образцов	rH	число образцов	rH			число образцов	rH	число образцов	rH	число образцов	rH	число образцов	rH
А. ОБРАЗЦЫ, ОТОБРАННЫЕ В СИСТЕМАХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ:																				
1) результаты определений в экспедицию 1935 г.																				
Азербайджан	4	11.67—19.49	—	—	—	—	2	11.67—18.62	2	18.69—19.49	59	20.07—25.49	2	22.65—24.54	11	21.36—25.49	3	22.76—23.85	43	20.07—24.95
2) результаты определений в экспедицию 1936 г.																				
Керчь	9	9.79—21.23	—	—	1	20.20	8	9.79—21.23	—	—	16	22.15—27.70	2	—	1	25.98	1	23.40	12	22.15—27.70
Тамань и Кубань	3	9.42—15.50	—	—	—	—	3	9.42—15.50	—	—	33	20.34—26.78	—	—	13	20.43—26.42	—	—	20	20.34—26.78
Грузия	2	14.70—15.20	2	14.70—15.20	—	—	—	—	—	—	14	19.69—24.58	3	21.35—22.38	6	22.69—24.58	4	19.69—23.11	1	22.46
Азербайджан	8	9.35—16.90	1	15.46	—	—	7	9.35—16.99	—	—	51	18.13—25.36	3	18.13—21.30	11	20.89—25.24	4	18.74—22.74	33	20.30—25.36
Б. ОБРАЗЦЫ, ОТОБРАННЫЕ В ПРОМЫШЛЕННО-НЕФТЕНОСНЫХ РАЙОНАХ АЗЕРБАЙДЖАНА:																				
1) приуроченных к грязевым вулканам																				
Бухта Ильича	—	—	4	8.54—9.79	—	—	—	—	—	—	—	—	2	16.82—20.10	—	—	—	—	—	—
2) к грязевым вулканам не приуроченных																				
Сураханы	—	—	1	8.56	—	—	—	—	—	—	—	—	4	20.50—24.47	—	—	—	—	—	—
Кала	—	—	1	16.24[1]	—	—	—	—	—	—	—	—	2	19.65[2]—20.96	—	—	—	—	—	—
Кара-чухур	—	—	2	9.64—10.14[3]	—	—	—	—	—	—	—	—	1	22.45[4]	—	—	—	—	—	—

[1] Скв. 132 III пром. } Горизонт d
[2] Скв. 121 IV пром. }

[3] Скв. 332 III пром. } Горизонт IX
[4] Скв. 295 II пром. }

В интересном факте значительного отличия окислительно-восстановительного потенциала сероводородных проб не было, однако, еще ничего удивительного. Но поистине неожиданным и заслуживающим особого внимания оказался характер этого отличия.

В разделе А табл. 6 выписаны верхние и нижние границы окислительно-восстановительного потенциала в системах грязевых вулканов для образцов, содержащих сероводород и не содержащих его. Пределы rH указаны здесь для той и другой из этих категорий в целом, а также для различных родов и видов проб, входящих в их состав. Эти крайние значения даны по каждому из пяти изученных районов грязевого вулканизма: Керченскому, Таманскому, Кубанскому, Грузии и Азербайджану. Цифры охватывают весь материал, собранный на протяжении обеих экспедиций.



Фиг. 1. rH в образцах, содержащих H_2S (светлые отрезки) и его не содержащих (отрезки черные).

Уже при самом беглом обзоре этих данных мы замечаем, что пробы различного геологического материала, заключающие сероводород, — безразлично, содержат ли они нефть или ее не содержат, — показывают всегда более низкую величину rH, чем образцы с нефтью или без нее, но от сероводорода свободные.

Такие соотношения справедливы не только для каждого района в целом, но и для всякого вулкана в отдельности. Это с достаточной ясностью видно из нашей табл. 6, так как диапазоны значений для проб, содержащих сероводород и свободных от него, ни в одном из районов и ни малейшим образом не накладываются друг на друга. С еще большей простотой и наглядностью демонстрирует те же общие соотношения левая половина диаграммы, приведенной на фиг. 1.

Мы считаем поэтому целесообразным не загромождать нашего сообщения приведением данных по каждому из вулканов.

Особого внимания заслуживают здесь более низкие значения rH (т. е. более высокая восстановительная интенсивность) образцов, содержащих сероводород, по сравнению с заключающими нефть.

Читатель может очень полно проследить эти соотношения, сравнив, например, по каждому из районов нефтяные воды без сероводорода с серо-

водородными водами, содержащими нефть или без нее. Оба сопоставления представляют одинаково большой интерес.

Легко заметить, кроме того, что уровень rH образцов с нефтью, но лишенных сероводорода, вообще не представляет достаточно характерных отличий при сравнении его со значениями этой величины для проб, свободных также и от нефти. Прибавим, что он не ниже (а иногда и выше), чем у средних по своей аэрации почв вне площадей, связанных с нефтяными выходами. [1]

Ясно, что при таких соотношениях объяснять общеизвестный процесс восстановления сульфатов в нефтеносных объектах просто, без дальнейшего, действием факторов, связанных с нефтью, становится невозможным. Это относится одинаково к химическим, микробиологическим и всяким иным истолкованиям. В самом деле. Нельзя ведь представить себе восстановления, т. е. повышения восстановительной интенсивности системы, в результате воздействия на нее другой системы, обладающей, по сравнению с ней, восстановительной интенсивностью более низкой. Таким образом, наблюдения наши ставят существующие теории восстановления сернокислых солей, связанного с присутствием нефти, во всяком случае перед необходимостью надлежащего их развития, введения каких-то дополнений, ограничений или коррективов, которые могли бы объяснить эти соотношения.

Как мы видели, явление более высокой восстановительной интенсивности образцов, заключающих сероводород, по сравнению с содержащими нефть, было установлено в системах грязевых вулканов на достаточно обширном геологическом материале. Нас интересовал, однако, вопрос, следует ли рассматривать это соотношение в качестве специфического для районов распространения грязевого вулканизма или оно сохраняет силу и для всех нефтяных месторождений вообще.

От грязевых вулканов, не имеющих определенно установленного отношения к нефтепроявлениям промышленного масштаба, мы перешли сначала к нефтяному промыслу, несомненно связанному с грязевым вулканом, — к Бухте Ильича и, наконец, к нефтепромысловым районам, с грязевыми вулканами не связанным: Сураханы, Кара-чухур, Кала.

Раздел Б табл. 6 и правая половина диаграммы фиг. 1 показывают, что установленная закономерность в значениях величины rH не ограничивается системами грязевых вулканов, а, напротив, носит универсальный характер.

Следует обратить внимание на то, что различия в восстановительной интенсивности, с которыми мы встречались при наших анализах, несмотря на малость абсолютных значений самой величины, весьма велики. Выражая ее в атмосферах давления водорода, находящегося в равновесии с исследованными системами, мы получаем для сероводородных проб значения, в миллионы, миллиарды и даже биллионы раз большие, чем для образцов, лишенных сероводорода.

Мне хотелось бы здесь предостеречь от попыток упрощенного истолкования продемонстрированных мною соотношений.

Вопрос, выдвигаемый нашими наблюдениями, ни в какой степени не может быть разрешен, например, указанием на сложность и многообразие процессов, протекающих параллельно и одновременно в интересующих нас комплексах. Величина rH — это единая равнодействующая, отражающая в себе полностью всю совокупность окислительно-восстановительных интенсивностей каждой из двух сравниваемых систем.

Совершенно несостоятельным был бы также и другой взгляд.

Можно было бы думать, что восстановление до сероводорода является лишь признаком более высокой восстановительной интенсивности нефти,

[1] По определениям двух упоминавшихся уже нами итальянских исследователей [3], произведенным недалеко от Рима, — в хороших, сильно аэрируемых почвах, величина rH у дневной поверхности оказалась равной 26—28; в почвах менее плодородных — около 23.

содержащейся в сероводородном образце, по сравнению с теми нефтями, которые не в состоянии обусловить восстановительный процесс, заходящий так далеко. Говоря о «нефти», допустимо было бы при этом иметь в виду и связанную с нею микрофлору.

Такое предположение не выдерживает, однако, сколько-нибудь серьезной критики.

Вовсе нет надобности подчеркивать наличие целого ряда сероводородных проб, совершенно лишенных всяких следов нефти. Против такого указания еще можно было бы возразить, что это случаи особые, что в них сероводород иного происхождения, чем в пробах с нефтью. Но рассмотрим внимательнее наши данные, относящиеся именно к этим нефтяным пробам. Обратимся к табл. 6. Неужели можно, например, допустить, что нефть с одного и того же промысла Кара-чухур, из одного и того же IX горизонта способна была в скв. № 332 сообщить воде из этого же горизонта в биллионы раз более высокую восстановительную интенсивность, чем в скв. № 295? Между тем, это — не единственный, а только наиболее эффектный случай из нашего материала.

Я боюсь быть неправильно понятым. Далека от меня мысль отрицать закономерность одновременного присутствия нефти и сероводорода. На убеждении в существовании определенных соотношений между восстановительными процессами в горных породах и приближением к углеводородному материалу основан предложенный мною несколько лет назад метод определения нефтеактивности бурящейся скважины. Здесь уже упоминалось о нем (стр. 147). Эта уверенность руководила мною и в тех работах, с которыми нам предстоит сейчас познакомиться. Вопрос лишь в характере этой связи.

Мне думается, что дальнейшее углубленное исследование обнаруженного нами интересного явления приведет не только к действительному его объяснению. Я надеюсь, что оно подвинет нас вперед как в области изучения генезиса нефти, так и в разрешении занимающей нас здесь проблемы грязевого вулканизма.

До сих пор я касался в своем сообщении закономерностей, связанных с этими большими вопросами, в их общетеоретическом разрезе. Мне хотелось бы, однако, остановиться здесь и на тех соотношениях, которые, повидимому, стоят ближе к прикладным задачам наших исследований грязевых вулканов.

Знакомясь более обстоятельно с окислительно-восстановительными условиями в кратере вулкана, мы заинтересовались прежде всего вопросом: как изменяется окислительно-восстановительная интенсивность жидкой брекчии на разных глубинах, по мере приближения к очагу вулкана? Есть ли вообще какая-нибудь правильность в этих изменениях? Если да, то одинаковы ли наблюдающиеся здесь тенденции во всех изучаемых нами вулканах? Или, напротив, можно установить различные типы изменений? И нельзя ли в таком случае выяснить, с чем связана та или иная из этих тенденций?

Рассматривая относящийся сюда довольно обширный материал, накопленный почти по всем исследованным нами районам, мы констатировали, можно сказать повсюду, наличие вполне ощутимых изменений в значениях rH. Но очень скоро нам пришлось убедиться, что какой-либо одной закономерности, общей для всех случаев, здесь найти не удастся. Тогда мы попытались подойти к нашим цифрам в аспекте характеристики соответствующего района со стороны нефтеносности. И тут сразу нагромождение противоречивых, казалось ранее, тенденций превратилось в единую, достаточно стройную картину.

В табл. 7 дается сопоставление значений окислительно-восстановительного потенциала свежей брекчии, отобранной на разных глубинах из кра-

тера таких сопок, от которых в расстоянии не более 1 км имеются проявления жидкой нефти. Первая часть табл. 8 содержит аналогичные данные для сопок, от которых в зоне того же радиуса есть осмоленная нефть или кир. И, наконец, во второй ее части собраны те вулканы, где на указанном только что и даже значительно большем расстоянии нефти нет вовсе. В сопках первой категории мы имеем, как правило, с удалением от дневной поверхности падение rH; в объектах, принадлежащих ко второй и третьей категориям, такой закономерности не наблюдается.

Таблица 7

rH ила с разных глубин из кратера сопок, вблизи которых (в расстоянии не более 1 км) *имеется жидкая* нефть

Район и название вулкана	Глубина в м	rH
Тамань		
Карабетовка, сопочное поле, сопка № 1	0.25	26.78
	1.0	25.84
	3.0	24.55
	6.0	24.15
Сев. Пекло, сопка № 1 . .	0.15	24.12
	1.0	23.10
Сев. Пекло, сопка № 5 . .	2.0	26.39
	4.25	23.37
Грузия		
Ахтала, сопка № 3 . . .	3.0	24.80
	7.25	24.26
	10.75	23.26
Азербайджан		
Зап. Набур, сопка № 3 .	1.0	20.83
	3.0	20.56
	5.0	20.46
Зап. Набур, сопка Промежуточная	1.5	23.20
Зап. Набур, сопка Промежуточная	3.0	22.47
	6.5	22.27
	11.0	21.87
Нефтяная балка, сопка № 1	1.5	21.54
	3.0	20.58
	5.0	20.50
Чеил-даг, сопка № 1 . . .	1.5	23.89
	3.0	23.42
	6.0	23.02
Чеил-даг, сопка № 9 . . .	2.0	24.08
	3.5	22.46
	6.0	22.15
Тамань		
Зап. Цимбала, сопка № 1	1.0	24.70
	2.3	24.70
Азербайджан		
Зап. Набур, сопка № 4 .	0.75	23.95
	1.5	21.23
	3.0	20.89
	6.0	23.40

Табл. 7 и 8 охватывают весь наш материал, относящийся к определению окислительно-восстановительного потенциала илов в кратере вулкана на различных глубинах. Среди длинного ряда данных, подтверждающих наличие тех соотношений, о которых я сейчас говорил, имеются как будто и некоторые отклонения от этого общего правила. Они помещены в конце соответствующих столбцов таблиц, отделенные чертой.

Познакомимся, однако, ближе с этими исключениями. Два из них относятся к вулканам, вблизи которых есть жидкая нефть. Первый случай — это сопка Западной Цимбалы. Здесь мы имеем в пробах ила с глубины 1 и 2.3 м совершенно одинаковые значения для окислительно-восстановительного потенциала. При внимательном рассмотрении оказывается, что равенство значений распространяется не только на величину rH, но и на независимые переменные этой функции, т. е. получаемую при ее определении электродвижущую силу (E) и концентрацию водородных ионов (pH). Эта полнейшая идентичность двух различных величин для проб, отобранных на разных глубинах, невольно приводит нас к серьезным сомнениям. Естественнее всего предположить, что она обусловлена просто каким-то случайным искусственным перемешиванием. Такое объяснение тем более

вероятно, что размеры сопки очень невелики, и расположена она в обитаемом районе. Второе отклонение, наблюдающееся в сопке № 4 Западного Набура, ограничивается лишь одной цифрой для самого глубокого из исследованных здесь четырех образцов.

Остальные два случая, мне кажется, не являются вовсе исключениями. Есть основание думать, что с сопкой № 2 в системе Шор-сулы связана не одна только осмоленная нефть, но что где-то неподалеку или глубже имеется некоторое насыщение и нефтью жидкой. Такое же предположение о наличии жидкого углеводородного материала представляется возможным высказать и относительно близкого окружения вулкана Давали-даг, где пока не обнаружено никаких нефтепроявлений.

Таблица 8

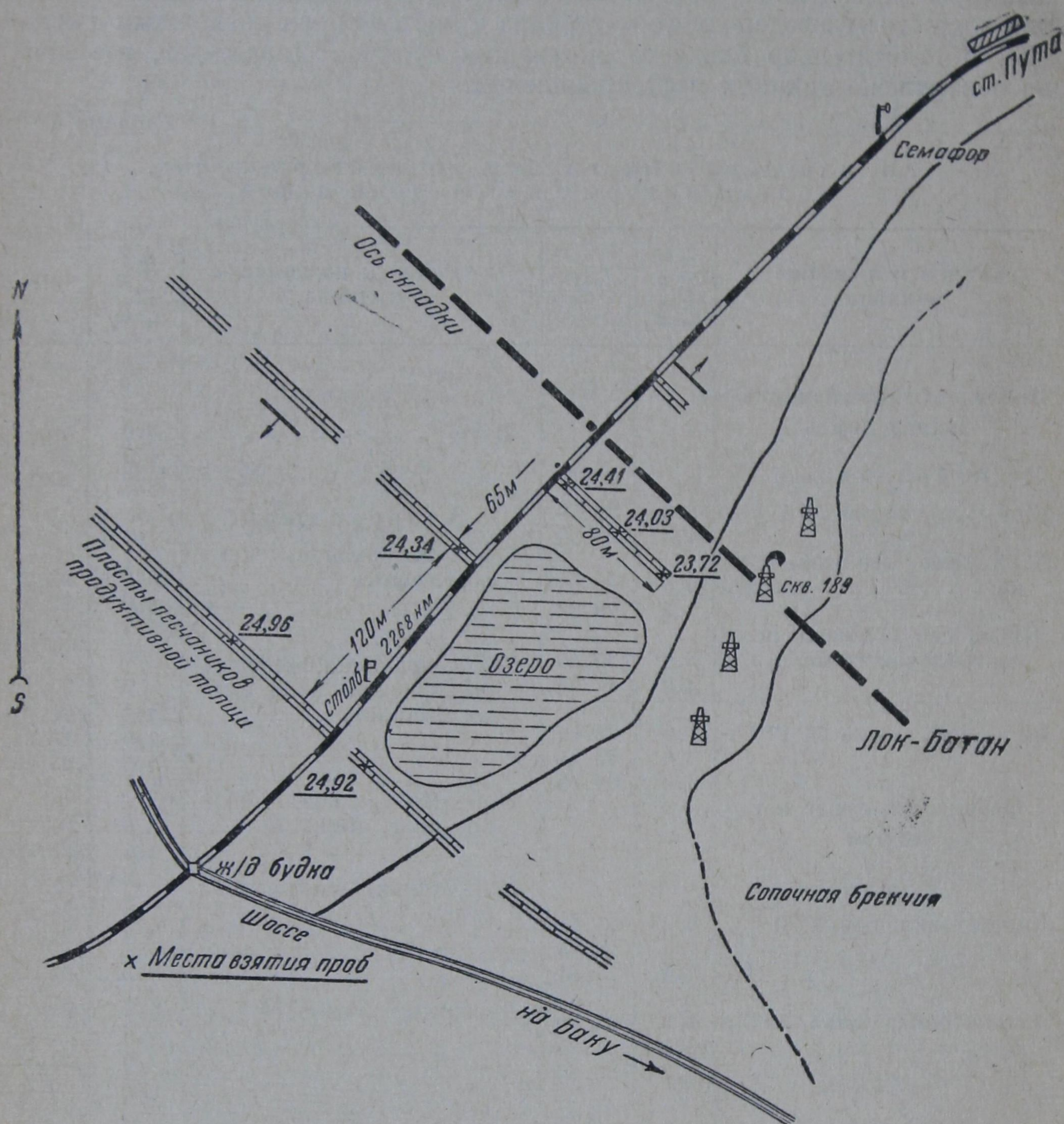
rH ила с разных глубин из кратера сопок, вблизи которых нет жидкой нефти

Район и название вулкана	Глубина в м	rH	Район и название вулкана	Глубина в м	rH
Поблизости есть осмолившаяся нефть			Кубань		
Азербайджан			Шуго	2.0	26.42
				4.0	27.33
				6.0	27.68
Шор-сулы, сопка № 4 . .	2.5	22.50	Азербайджан		
	4.5	23.39			
Б. Харами, сев-вост. сопка	2.0	22.62	Сев. Астраханка, сев.-вост. сопка	0.5	23.55
	4.5	23.98		3.0	24.62
				5.5	23.50
Клыч, сев. сопочное поле, центральная сопка . . .	2.0	24.55	Сев. Астраханка, центральное сопочное поле, юго-вост. сопка	1.5	22.74
	5.0	24.95		2.0	23.31
Шор-сулы, сопка № 2 . .	1.5	22.49		3.5	23.26
	3.0	22.25	Вост. Набур, сев. сопочное поле, сопка № 1 . .	2.0	24.40
	5.0	21.75		4.5	25.36
Поблизости вовсе нет нефти			М. Харами, центральная сопка	1.5	24.51
Тамань				3.0	23.56
Карабетовка, сопка № 1 .	0.25	24.55		5.0	24.18
	1.5	24.84	Давали-даг, сопка № 1 . .	3.5	24.38
	3.5	24.84		4.5	23.84
Ахтанизовка, сопка № 2 .	1.5	24.70		7.5	23.42
	3.0	24.35			
	6.2	25.60			

Говоря о соотношениях между изменениями rH по разрезу кратера сопки и проявлениями жидкой нефти, я имею в виду нефтенасыщенность вообще, а отнюдь не в узком смысле — залежь промышленного масштаба. Но как бы ни была интересна сама по себе такая закономерность, наше внимание естественно привлекает также более существенный с практической точки зрения вопрос. Действительно, нельзя ли воспользоваться определениями rH для суждения о наличии в районе вулкана пластов с нефтенасыщением именно промышленного порядка? Некоторым материалом для ответа может послужить, повидимому, другой ряд наших наблюдений над окислительно-восстановительной интенсивностью в системе вулкана.

На фиг. 2 дано наглядное изображение изменений окислительно-восстановительного потенциала коренных пород в районе грязевого вулкана, с которым тесно связано достаточно крупное нефтяное месторождение. Это карта Лок-батана с нанесенными на нее значениями rH в местах взятия соответствующих проб.

Образцы отобраны здесь с глубины 0.25—0.50 м по трем выходящим на поверхность и тянущимся параллельно пластам. Все три пласта принадлежат верхнему отделу продуктивной толщи. Направлены они к ядру



Фиг. 2. rH коренных пород в системе вулкана Лок-батан

вулкана и к южному его крылу. По первому из них, идущему к ядру вулкана, взяты три пробы, в расстоянии около 40 м одна от другой. По более удаленному от первого, третьему пласту взяты два образца. Наконец, по среднему — один.

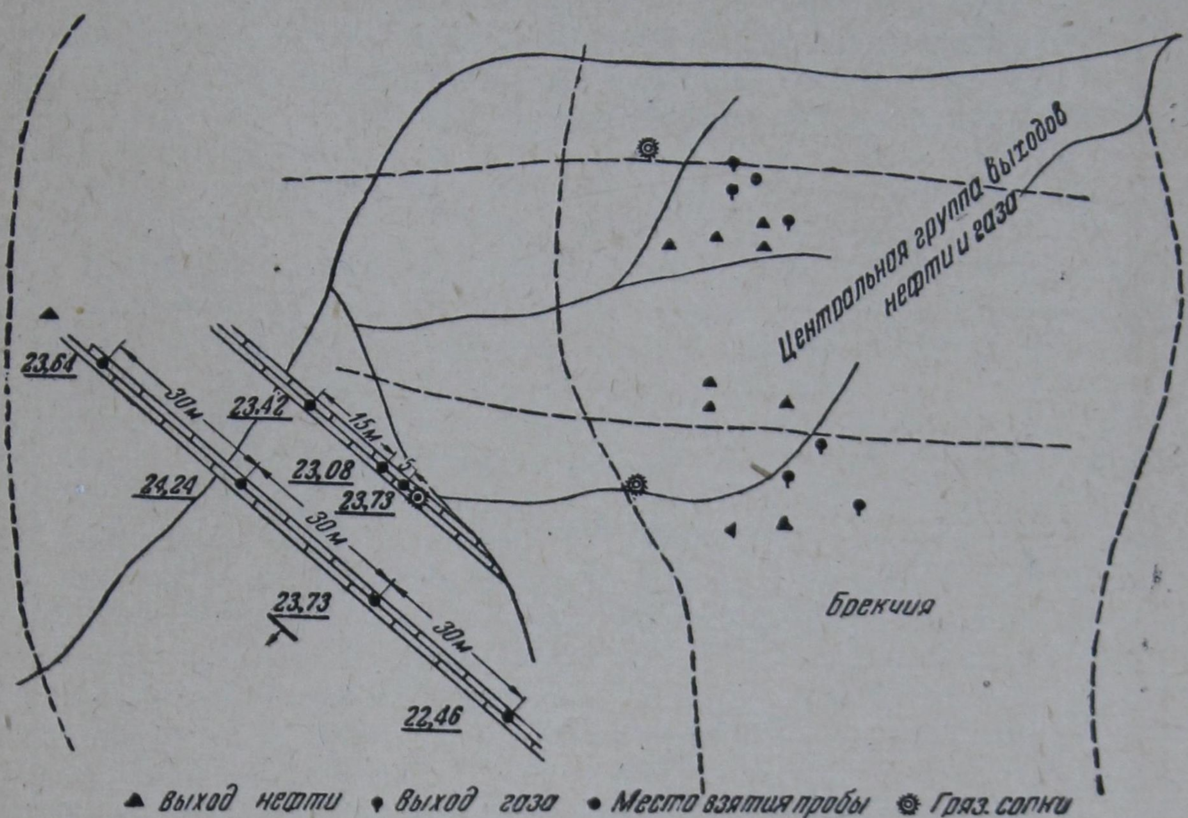
Легко заметить, что любому из направлений, приближающих нас к вулкану, отвечает падение значений rH, т. е. повышение восстановительной интенсивности. Необходимо подчеркнуть, что такая тенденция проявляется здесь не только в том случае, когда мы рассматриваем пробы, принадле-

жащие одному и тому же пласту, но и тогда, когда они отобраны в разных пластах. В то же время нетрудно убедиться, что в направлении, достаточно близком к нормали в отношении вулкана, эта закономерность исчезает.

На ряду с Лок-батаном нами были аналогично исследованы вулканы, к которым не приурочены нефтяные районы промышленного масштаба. Среди них были и такие, где небольшие количества нефти содержались даже в самих сопках. Но ни в одном из них закономерных изменений rH, выдерживающихся несмотря на переход от одного горизонта к другому, мы не наблюдали.

По Тюльки-тапа, например, такая закономерность отсутствует даже по одному и тому же идеально прослеживающемуся пласту (фиг. 3).

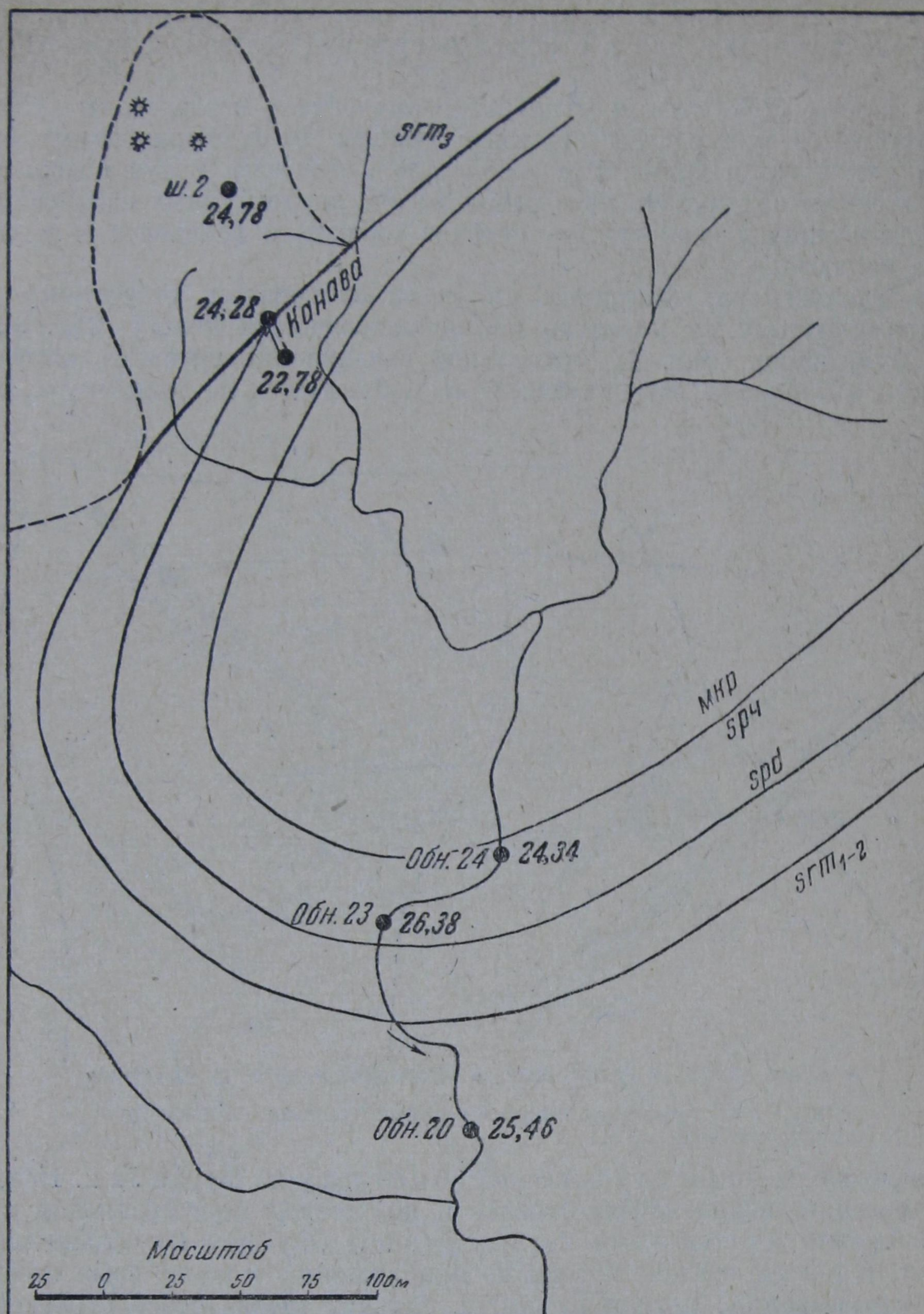
В Булганаках (фиг. 4) правильное падение окислительно-восстановительного потенциала встречается. Оно наблюдается по нижнему сармату



Фиг. 3. rH коренных пород в системе вулкана Тюльки-тапа.

при переходе от пробы из обнажения 20 к образцу из шурфа № 2. Подобное же изменение можно констатировать и по чокраку при сравнении пробы из обнажения 23 со взятым по простиранию образцом из обнажения 24. Но вот, в той же системе и тоже по приближению к сопке нами отобраны *не по простиранию*, хотя и из весьма близких между собой стратиграфических пластов чокрака, еще две пробы. Они взяты из геологической канавы, сравнительно недалеко одна от другой. И в этом случае, в противоположность тому, что мы имели в Лок-батане, никакой закономерности уже нет.

Здесь я позволю себе снова предостеречь от неправильных выводов из моего сообщения. Было бы совершенно ошибочно рассматривать излагаемые сейчас результаты исследований над окислительно-восстановительным потенциалом как предложение готового метода оценки нефтенасыщенности пластов в районе грязевого вулкана. Необходимо очень основательное подтверждение наших наблюдений на обширном материале. Необходима длительная кропотливая разработка тех принципов, которые окажутся справедливыми. Только тогда можно будет серьезно думать об их широком практическом применении.



Фиг. 4. rH коренных пород в системе Булганакских сопок.

(Обозначения те же, что и на фиг. 3.)

5

Проводимое нами изучение явлений грязевого вулканизма далеко еще не завершено. Начнем с того, что работа Кабинета геохимической битуминологии (как и всей вулкановедческой группы) не охватила еще полностью районов распространения грязевых вулканов, которые предполагается изучить. Далее, что касается территории, уже покрытой нашими экспедициями, то здесь экспериментальную часть можно считать до известной степени выполненной лишь в области определений окислительно-восстано-

вительного потенциала неорганических сред. Собственно битуминологические исследования, заключающие трудоемкую камеральную обработку проб, для основной массы собранного материала прошли только первую свою фазу. Даже так называемый анализ на четыре компонента коснулся, правда, весьма значительного, но все еще не резко доминирующего числа образцов. Более скромно представлена пока следующая стадия — «полный групповой анализ». И, наконец, для заключительного этапа — «углубленного детального исследования» — только теперь приходит период серьезного, интенсивного развития.

Следует ли при таких условиях особо суммировать приведенные здесь отдельные результаты работы?

В прежних своих сообщениях, излагая данные, постепенно накоплявшиеся и приводимые в систему, я совершенно воздерживался от каких бы то ни было выводов общего порядка. Мне кажется, однако, что сейчас наступил момент, когда можно высказать и некоторые более общие заключения, разумеется, совершенно предварительного характера.

Итак, подведем сначала непосредственные итоги всему, что нами до сих пор было найдено.

В кратере сопки наблюдается, как общее правило, накопление битуминозных веществ.

На площадях, непосредственно окружающих грязевой вулкан, повышение концентрации битума в породе сопровождается приближением его по составу к нефти. Явление это вполне аналогично констатированному нами ранее в промышленно-нефтеносных районах.

При переходе от зон, граничащих с вулканом, к самому кратеру, закономерность, о которой мы говорим, теряет свою силу. Причину такого нарушения закономерности нельзя еще считать установленной. Это могут быть либо внутренние изменения накопившегося битуминозного вещества, либо присоединение других битумов извне. В первом случае речь может итти о процессах, вызванных условиями превращения коренных пород в брекчию, или о моментах, связанных с выделением газовой фазы вулкана, или же о явлениях, происходящих под действием вод. Во втором случае мы можем иметь дело с битумами, или проникшими к очагу вулкана путем миграции, или вошедшими в состав брекчии вместе с породами более древними, из глубже лежащих стратиграфических горизонтов, не изучавшихся нами в системе данного вулкана.

Есть все основания надеяться, что дальнейшие наши исследования, расширив опытную базу для суждения о самом существовании описанного явления, вместе с тем позволят высказаться с достаточной определенностью о его причинах.

Решение вопроса в пользу того или иного из этих предположений будет несомненно иметь большое значение; укажем, например, на тот непосредственный интерес, который представлял бы вывод о проникновении битумов к кратеру вулкана со стороны. Заметим еще, что другое из приведенных нами предположений — об участии в образовании брекчии пород более древних, чем изучавшиеся нами по данному вулкану, в случае своего подтверждения могло бы найти конкретизацию в результатах той части работы, к которой мы сейчас перейдем.

Наши исследования показали, что содержание маслянистых компонентов в битуминозных образованиях из акчагыла и продуктивной толщи значительно выше, чем в битумах, извлеченных из пород более древних. Минимальная концентрация этих компонентов падает на битумы коуна, далее идут диатомовые слои и майкоп.

Данные эти, помимо своего общего корреляционного значения, указывают также, какие именно породы, благодаря составу своих битуминозных включений, более всего могли бы понизить содержание маслянистых ком-

понентов в битуме брекчии, если бы они приняли участие в ее образовании.

Из явлений, протекающих в неорганических средах сопряженно с процессами в битуминозных образованиях вулкана, нами изучались, главным образом, изменения окислительно-восстановительного потенциала.

Здесь прежде всего мы констатировали бо́льшую восстановительную интенсивность образцов, содержащих сероводород, по сравнению с заключающими нефть. Общетеоретический интерес этой закономерности состоит, между прочим, в том, что она делает невозможным объяснение восстановления сульфатов нефтью или связанной с нею микрофлорой *в той простой форме*, в которой подобные истолкования процесса до сих пор высказывались. Этим, однако, не исчерпывается значение установленного нами соотношения.

Более полвека назад А. Л. Потылицын, первый исследователь, высказавший убеждение в универсальном характере явления бессульфатности нефтяных вод, обратил внимание на полную идентичность картины, наблюдающейся в этом отношении в нефтяных месторождениях и грязевых вулканах. Эту мысль он выразил даже в самом заглавии своих замечательных статей [4].

Выявленная нами закономерность указывает, несомненно, на более сложную связь между присутствием нефти и восстановлением сульфатов, чем это казалось после микробиологических работ Bastin'а, Т. Л. Гинзбург-Карагичевой и др. Специфика геологического объекта, повидимому, имеет большее значение для этого одновременного присутствия нефти и сероводорода, чем считали раньше. Найденная нами закономерность, распространяющаяся одинаково и на грязевые вулканы и на нефтяные месторождения, служит поэтому новым, еще более ясным указанием на близость присущей им геохимической и геологической обстановки.

Определения окислительно-восстановительного потенциала жидкой брекчии, отобранной на возрастающей глубине из кратера вулкана, показали наличие двух резко различных типов изменений.

Когда в самой сопке или невдалеке от нее (на расстоянии не более 1 км) имеются проявления жидкой нефти, окислительно-восстановительная интенсивность правильно возрастает с глубиной. В противоположных случаях никакой закономерности в изменениях rH не наблюдается.

Под присутствием жидкой нефти здесь следует понимать нефтенасыщение вообще, а отнюдь не залежь промышленного масштаба. Близость месторождения промышленного характера, повидимому, находит свое отражение в соотношениях другого порядка.

Окислительно-восстановительный потенциал коренных пород, взятых по приближению к вулкану, связанному с нефтепроявлениями промышленного значения, обнаруживает тенденцию постепенного повышения, хотя бы отбираемые пробы и не принадлежали к одному и тому же пласту. Напротив, когда нефтенасыщенность промышленного масштаба отсутствует, эта закономерность прослеживается лишь в пределах одного пласта или она не обнаруживается вовсе.

Существование последней из отмеченных тенденций нуждается еще в дополнительной проверке на более обширном материале. Прикладное значение обеих закономерностей не требует пояснений.

Перед нами прошел весь опытный материал, которым мы сейчас располагаем.

При ознакомлении с ним читатель, вероятно, испытал то же чувство, которое постепенно накоплялось у нас в процессе выполнения этой работы. На всем ее протяжении каждый новый факт невольно усиливал мысль о самой близкой, самой глубокой связи грязевых вулканов с месторожде-

ниями нефти. Общее сопоставление отдельных констатированных явлений, бегло воспроизведенное сейчас в нашем резюме, также независимо от нашей воли заставляет думать о прямом, каузальном характере такой связи.

Этот вывод, вполне гармонирующий с представлениями других групп вулкановедческого комплекса, разумеется, нисколько не ослабит у нас научной строгости дальнейшего изучения вопроса.

В ней необходимейший залог и объективной ценности работы и внутреннего удовлетворения исследователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Очередные проблемы происхождения и химической природы битуминозных образований. Тр. ИГИ АН. Сер. генезиса, т. I, вып. 1, 1939.
2. Левенсон В. Э. Статья в сборнике «К геохимии нефтяных месторождений», М., 1934. Ср. также «Сульфатный метод глубокого зондирования на нефть». Инф. бюлл. ГИНИ, № 6, 21—26, 1934. (Имеются искажения.)
3. Tommasi G. e Marimpietri L. Ann. sper. agrar. (Roma), t. 16, p. 37—53, 1934 [«Окислительно-восстановительный потенциал почв (rH)»]
4. Потылицын А. Н. ЖРФХО, вып. XIV, 1882 и вып. XV, 1883. («О составе вод, сопровождающих нефть и выбрасываемых грязными вулканами»).

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Т. Л. ГИНЗБУРГ-КАРАГИЧЕВА, Р. А. ВЕГЕР, Л. К. ОСНИЦКАЯ, Н. Р. ГАРКИНА, А. Г. ТИМОФЕЕВА, П. С. ГРИНГАУЗ

МАТЕРИАЛЫ ПО МИКРОБИОЛОГИИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

ВВЕДЕНИЕ

В 1935 г. в план работ лаборатории микробиологии ИГИ АН была включена тема по изучению грязевых вулканов для выяснения вопроса о генезисе последних и генетической связи их с месторождениями нефти. В двух комплексных экспедициях ИГИ, проводившихся в 1935 и 1936 гг. группою микробиологии в составе руководителя работ Т. Л. Гинзбург-Карагичевой и научных сотрудников Н. Р. Гаркиной и А. Г. Тимофеевой, собрано было свыше 400 проб свежей сопочной грязи из вулканов, вод серных источников и нефтяных пластовых вод из буровых скважин, находящихся в районах грязевых вулканов Азербайджана, Грузии, в Кубани и в Крыму. Пробы отбирались из кратеров вулканов специально приспособленной для этой цели аппаратурой (буры различной системы на штангах) на разной глубине, начиная с поверхности и до 20 м.

На каждом вулкане пробы брались из наиболее активно действующих сопок, сильно газирующих и выносящих на поверхность свежие потоки грязи. Ряд наблюдений и исследований проведен был во время самой экспедиции в походной лаборатории, дальнейшие исследования велись по возвращении из экспедиции в обычных лабораторных условиях. Районы взятия проб с указанием количества последних приводятся в табл. 1. В табл. 2 указывается геологический возраст пород, на которых расположены вулканы.

Таблица 1

Количество взятых проб ила, воды и нефти по районам

Район взятия проб	Количество проб
Азербайджан . .	252
Грузия	50
Кубань	75
Керченский район	50
Всего . .	427

Каковы были предпосылки для постановки микробиологического изучения грязевых вулканов?

Еще в 1905 г. известный русский микробиолог акад. В. Л. Омелянский [19] высказал предположение, что грязевые вулканы, возможно, являются результатом биохимических процессов. Указывая на распространенность в природе биологических процессов, приводящих к образованию больших количеств горючих газов, автор говорит: «В тех пунктах, где в силу естественных условий скопление органических остатков достигает значительных размеров, например, в дельтах рек, выделение метана принимает подчас весьма внушительный характер. Так, в дельте Миссисипи около Нью-Орлеана одно время наблюдалось столь энергичное выделение горючих газов, что возникла даже мысль применить их для освещения города.» [1]

[1] В настоящее время широко практикуется использование горючего газа, образующегося при биологической переработке сточных вод, за границей и в небольших размерах у нас в СССР, под Москвой (Люберцы, Кожухово).

В дельте образовались небольшие конусы с кратерами наверху, извергавшие горючий газ, ил и воду. Некоторые действовали в течение нескольких лет. Горючий газ состоял, главным образом, из метана (до 90%) и углекислоты с небольшой примесью азота. Происхождение газа объясняется наличием в наносах дельты Миссисипи слоев плотно слежавшихся стволов древесных растений, принесенных сюда во время половодий. «Быть может,— полагает В. Л. Омелянский, — такого же происхождения и некоторые из грязевых вулканов, характеризующиеся выходом большого количества углеводородов и их невысокой температурой». В недавно опубликованной оригинальной работе Hecht [34] сообщает, что при погребении органического вещества в осадках всегда наблюдается сильное газообразование и при выделении этих газов через глинистые осадки образуются настоящие грязевые вулканы с непрерывным или прерывающимся извержением.

Извержения наблюдаются особенно там, где на дне происходит разложение значительных масс органических веществ.

Таблица 2

Геологический возраст пород, на которых расположены вулканы

Район взятия проб	Геологический возраст	Количество взятых проб
Азербайджан	Апшеронский ярус	19
	Продуктивная толща	67
Грузия	Сармат	12
	Ширакская свита	21
Азербайджан	Чокракско-спириалисовые слои	4
Керчь	Чокрак (?)	3
Тамань	Спаниодонтеловые слои	7
Азербайджан	Диатомовая свита	25
Азербайджан, Керчь, Тамань	Майкопская свита	107
Азербайджан	Коунская свита	12
Азербайджан, Кубань и Грузия	Мел	48

Таким образом образование современных небольших грязевых вулканов в указанных выше условиях говорит в пользу их биогенного происхождения. Однако соответствующими микробиологическими исследованиями это не было подтверждено и никаких доказательств не приведено в пользу того, что можно отождествить эти образования с грязевыми вулканами, не связанными с современными осадками. Впервые микробиологические исследования над свежими выбросами сопочной грязи после сильного извержения вулкана Лок-батана в 1926 г. предприняты были Т. Л. Гинзбург-Карагичевой.

Известно, что извержение Лок-батана в 1926 г. хотя и не было стль грандиозным, как в 1935 г., все же представляло собою довольно внушительное явление. В течение двух дней над вулканом пылал воспламеняющийся при выходе из недр земли газ, и на далекое расстояние растекалась мощным потоком холодная изверженная грязь.

При содействии геологов В. А. Сулина и З. Маймин взяты были Т. Л. Гинзбург-Карчагичевой в кратере вулкана на глубине около полуметра пробы темной пластичной со слегка битуминозным запахом глины.

Огромные массы излившейся сопочной грязи и сильно обожженные стены кратера в достаточной мере гарантировали взятые пробы от загрязнения поверхностными микробами (пробы были взяты спустя два дня после прекращения извержения).

Одновременно взяты были пробы грязи с небольшой примесью воды из трех маленьких, но энергично газирующих сальз вблизи Лок-батана.

Исследования взятых проб параллельно с пластовыми водами и нефтью месторождений Апшеронского п-ова установили не только наличие живой микрофлоры в сопочной грязи Лок-батана и сальз, но и сходство ее с микрофлорой нефтяных пластов, на основании чего исследовательницей высказано было предположение о связи этого вулкана с месторождениями нефти. Это предположение блестяще подтвердилось разведочным бурением, вскрывшим богатые запасы нефти в районе Лок-батана.

Микробиологическими исследованиями было установлено, что вода грязевого вулкана Нефте-чала, несмотря на высокое содержание иода (51.6 мг л) и большую соленость (18%), населена чрезвычайно активной и разнообразной анаэробной микрофлорой, сходной по своим биохимическим свойствам с микрофлорой богатых иодом нефтяных вод.

Таким образом, было подтверждено, что в сопочной грязи и воде грязевых вулканов обитают анаэробные микробы и что микробы эти в общем сходны с микробами нефтяных пластов.

В 1933 г. появилась в печати работа В. О. Таусона [26], который совместно с рядом сотрудников исследовал 50 образцов сопочной грязи из десяти групп вулканов Таманско-Керченской области. Пробы брались с поверхности и на глубине до 1.5 м.

На основании результатов исследования авторы делают ряд выводов, из которых мы приводим следующие:

1. Сопочные грязи, не подвергшиеся действию кислорода воздуха, т. е. сохранившие окислительно-восстановительные условия значительных глубин, как правило, содержат анаэробные бактерии, такие, как десульфурирующие, разлагающие клетчатку, гнилостные и денитрифицирующие.

2. Воздействие кислорода воздуха на эти грязи вызывает заметные изменения в составе естественной анаэробной микрофлоры сопочных грязей и приводит к гибели некоторых групп этих бактерий (десульфурирующих и разлагающих клетчатку).

Ссылаясь на работы Т. Л. Гинзбург-Карагичевой и Bastin [29, 30], авторы приходят к предположению, что «все полученные микробиологические данные делают несомненным присутствие ряда групп анаэробных бактерий в сопочных грязях на глубинах и делают возможным их участие как в процессах образования и последующего изменения нефтей, так и в образовании газов, выбрасываемых грязевыми вулканами вместе с грязями».

В 1934 г. вышла из печати работа Симаковой, Сохадзе-Каджая и Рцхиладзе [25] о микробиологических исследованиях ахтальской лечебной грязи в Грузии. Авторы установили наличие тех же анаэробных групп бактерий, которые были найдены в сопочной грязи упомянутыми выше исследователями. Ими было высказано предположение, что выделяющиеся газы в грязевых сопках образуются под влиянием жизнедеятельности этих бактерий. «Не считая возможным на основании полученных данных делать какие-либо окончательные выводы, — заключают авторы, — нам бы хотелось отметить, что по своей микрофлоре ахтальские грязи близко подходят к изученным В. О. Таусоном и его сотрудниками сопочным грязям Таманско-Керченского района и к микрофлоре серно-соленых вод Апшеронского п-ова и вод буровых нефтяных скважин, исследованных Гинзбург-Карагичевой».

В 1935 г. ахтальские грязи вновь исследовались микробиологически Л. Рубенчиком [24], который устанавливает наличие этих же анаэробных групп микробов, число которых он насчитывает до 300 млн. в 1 г грязи. Результаты всех этих исследований свидетельствуют о наличии в ряде грязевых вулканов живой анаэробной микрофлоры, детальное изучение которой и было предпринято лабораторией микробиологии ИГИ.

Приступая к микробиологическому изучению грязевых вулканов в комплексной экспедиции, группа микробиологии поставила перед собою следующие задачи:

1) выяснить, повсеместно ли в грязевых вулканах имеются живые микробы;

2) произвести количественный учет микробов в поверхностных слоях ила и в глубоких слоях его в грифоне для выяснения вопроса о том, где преимущественная сфера обитания микрофлоры — в глубине или на поверхности грифонов;

3) изучить групповой состав микрофлоры грязевых вулканов для выяснения вопроса, к каким физиологическим группам должны быть отнесены эти микробы;

4) выяснить, можно ли установить какие-либо характерные особенности микрофлоры в зависимости от геологического возраста вулкана, от наличия сероводорода, битуминозности и других особенностей изучаемых вулканов;

5) выяснить, можно ли отождествлять микрофлору грязевых вулканов и нефтяных пластов одного геологического возраста как по биохимизму, так и по морфологическим и биологическим особенностям (отношение к кислороду воздуха, оптимальная температура, концентрация солей, pH питательной среды и другие факторы, отличающие ту или иную группу грязевых вулканов и нефтяных месторождений).

Попутно намечено было изучение микрофлоры, если были видимые скопления ее, непосредственно вокруг грифонов, свободно выходящих на поверхность источников и мелких лужиц, если таковые имелись вблизи исследуемых вулканов.

Как нами уже было указано выше, пробы сопочной грязи брались стерильными инструментами на разной глубине в целях зонального изучения микрофлоры.

Свежая сопочная грязь, которую в дальнейшем мы будем называть илом в виду полного сходства ее с типичными морскими или озерными иловыми отложениями, в большинстве случаев представляет собою очень вязкую, глинистую, маслянистую, довольно густой консистенции массу серого или темного цвета, часто сильно вскипающую с HCl (pH = 8.4 и больше), с небольшой примесью мелкозернистого песка и включениями известковистых соединений.

В некоторых грифонах (Сев. Иланлы на майкопских отложениях и Яшминский вулкан на Ильхи-даге) ил типичного темного, почти черного цвета от большой примеси сернистого железа с сильным запахом сероводорода. В некоторых образцах ила (Набур, грифон расположен на отложениях нижнего майкопа, коуна и сумгаита — западное окончание ядра протыкания) имеются пропластки черного, сильно маслянистого вещества, обильно пропитанного сернистым железом, с приятным смолистым запахом.

Большое количество грифонов (особенно в районах южн. Шор-сулы и Бинагадинском) имеет бо̀льшую или меньшую примесь нефти, чаще густой, смолистой, покрывающей иногда толстым слоем поверхность ила в грифоне.

Таким образом по характеру сопочного ила изучаемые нами вулканы можно отнести к трем типам: явно битуминозные, явно сероводородные и лишенные явных признаков битуминозности и сероводорода. [1]

Температура всех исследованных нами глубинных сопочных илов довольно низкая (10—12°) (температура измерялась в немногих вулканах).

При изучении микрофлоры сопочного ила нами были применены элективные среды для выявления и накопления следующих групп анаэробных

---

[1] Следует отметить, что в некоторых районах из трещин вулканов выделяются удушливые сернистые газы, например, в Сев. Иланлы, где на кратере вулкана на ряду с рядом сопок, лишенных сероводорода, имеется маленький газирующий грифончик с типичным сероводородным илом.

микробов, характерных для нефтяных пластов многих месторождений третичного возраста и современных сероводородных бассейнов:

a) десульфуризаторов-микробов, восстанавливающих сульфаты с образованием H_2S и FeS;

b) денитрификаторов, восстанавливающих нитраты до газообразного азота;

c) микробов, вызывающих в анаэробных условиях распад различных органических веществ (белки, целлюлоза, сахара) с образованием газообразных продуктов.

Изучение указанных групп может пролить свет на вопросы генезиса газов грязевых вулканов, а также на причины бессульфатности вод сопочного ила и ряд других явлений.

Одновременно делались посевы свеже набранных илов на пластинки в чашках Петри для выявления и подсчета аэробных форм, развивающихся при доступе воздуха.

Для изучения морфологического состава микрофлоры в свежих илах нами применялся метод Холодного [82] в несколько измененном виде: погружение стерильных предметных стекол в банки с илом и изучение затем окрашенных препаратов под микроскопом (табл. I, фиг. 2 и 3).

Количественный учет бактериальных клеток в илах производился по методу Германова [33]; все исследования производились над свежим материалом, редко через 3—4 дня после взятия проб.

В некоторых районах пробы из одних и тех же грифонов дважды отбирались и исследовались, чтобы таким образом обеспечить возможность сравнения. В Азербайджане вулканы большинства районов исследовались дважды на материале, собранном экспедициями 1935 и 1936 гг.

Переходим теперь к описанию полученных результатов в полевых условиях.

Прежде всего остановимся на результатах посевов свежих илов из грифонов на чашках Петри в аэробных условиях.

Как известно, метод разливок на чашках Петри широко применялся раньше, применяется и в настоящее время исследователями для количественного учета микробов при изучении илов, вод и других субстратов.

Результаты посевов илов из грязевых вулканов оказались совершенно неожиданными и поразительными: несмотря на большое количество посевного материала (1 г и больше), большинство чашек Петри оставалось или вполне стерильными, или же на чашках спустя несколько дней после посева появлялся скудный рост небольшого числа колоний.

Так как в этих же сопочных илах при подсчете по Ф. Н. Германову бактериальные клетки насчитывались миллионами и даже миллиардами (подробнее об этом дальше), и так как в анаэробных условиях на этих же питательных средах микробы обильно развивались, то уже в первые дни исследования можно было считать установленным, что микробы сопочного ила являются анаэробами и при доступе воздуха плохо развиваются.

Плохой рост микробов на чашках Петри при посевах сопочного ила был настолько характерным, что оказалось возможным этим способом устанавливать, насколько стерильно взята была та или иная проба.

Не менее характерные результаты получены были при количественном учете бактериальных клеток в илах, взятых в грифонах с поверхности и на разной глубине.

Эти данные — по нескольким грифонам в разных районах — представлены в табл. 3.

Приведенные цифры показывают, что количество бактериальных клеток в свежем иле неизменно возрастает с глубиною; одновременно они говорят о большой заселенности недр грязевых вулканов живой микрофлорой. По данным Б. Л. Исаченко [16], в наиболее глубоких илах Черного моря

Таблица 3

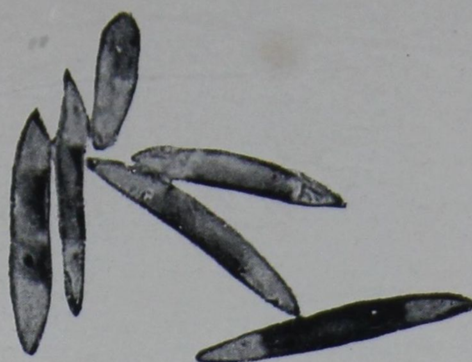
Количественный учет бактерий в иле грязевых вулканов

Район и название вулкана	Глубина взятия проб в м	Количество бактериальных клеток на 1 г сухого ила
Район Сев. Астраханки[1]		
Грифон № 1	Поверхн.	343 750 000
	2	500 000 000
	3	984 375 000
	3.4	1 787 500 000
	5	4 787 500 000
Район Южн. Астраханки		
Грифон № 1	1.85	621 875 000
	3.4	1 625 000 000
Район Южн. Иланлы		
Большая воронка на высоком конусе	Поверхн.	343 750 000
	7.43	1 312 500 000
Район Джагырлы (Чалы)		
Воронка № 1	0.5	781 250 000
» № 2	3	2 828 125 000
Район Бинагады		
Шор-ахзы-хазры[2] (на коренных породах)	1.25	2 085 937 000
Район Пута		
«Провалившийся»	Поверхн.	1 195 312 500
	6.2	1 687 500 000
Район Кубани		
Шуго шурф № 1[3]	0.85	64 438 000
Воронка	3	141 697 000
	6	349 976 000
Таманский п-ов, Карабетовский р-н		
Шурф № 376	2	26 223 000
Воронка № 371	Поверхн.	112 710 000
	3	166 160 000
	6.5	309 160 000
Грузия, Гурджаани		
Ахтальские сопки	1.5	299 040 000
	3.5	533 229 000
	11	666 866 000

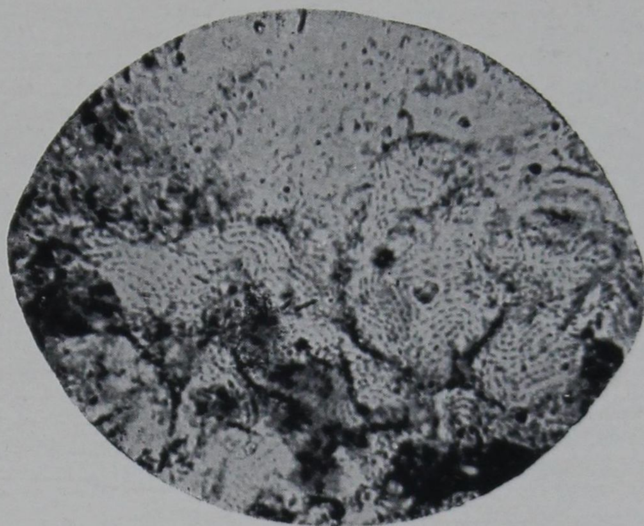
[1] Подсчет бактерий по вулканам Азербайджана произведен Н. Р. Гаркиной; по остальным районам—А. Г. Тимофеевой.

[2] Грифон покрыт густой смолистой нефтью.

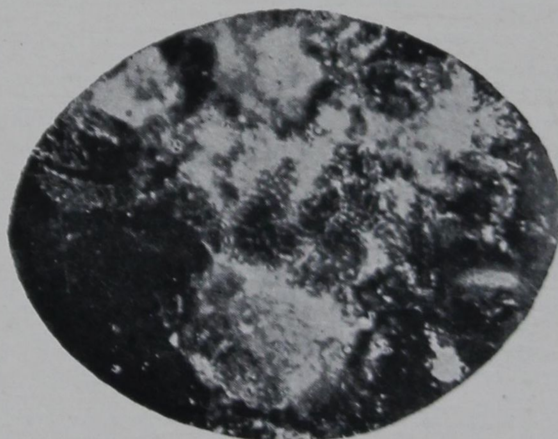
[3] На сопочном поле, покрытом сухой брекчией.



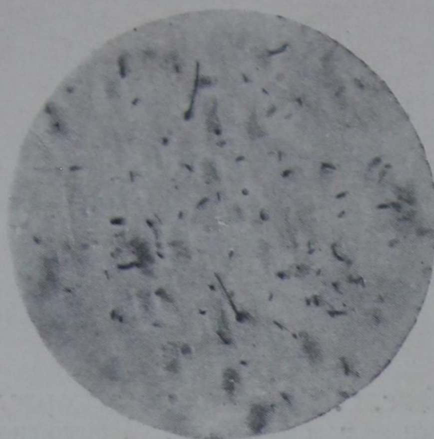
Фиг. 1. Диатомовые водоросли вокруг грифонов. Восточный Набур (Азербайджан).



Фиг. 2. Микробы на «пластинках обрастания» в иле грязевого вулкана Южный Шор-сулы (Азербайджан).



Фиг. 3. То же (Азербайджан)



Фиг. 4. Микроспира и целлюлозные бактерии. Восточный Боздаг (Азербайджан).



Фиг. 5. Микроб белкового брожения. Восточный Гутерлык (Азербайджан).



Фиг. 6. То же. Восточный Килакупра (Грузия).

(2188 м) в 1 г ила содержится 274.1 млн. бактериальных клеток. По подсчетам В. С. Буткевича [3], число микробов в морских грунтах доходит до 500 млн. клеток на 1 г; таким образом, в илах грязевых вулканов микробов не только не меньше, но иногда даже значительно больше, чем в глубоководных морских илах.

Результаты сравнительного подсчета бактериальных клеток в поверхностных и глубинных пробах ила из грифонов подтверждают полученные нами данные при посевах свежего ила на чашках Петри, свидетельствующие о том, что микрофлора грязевых вулканов анаэробна и, повидимому, постепенно гибнет в поверхностных слоях под влиянием кислорода воздуха, а, вероятно, и света. В пользу такого предположения говорит и тот факт, что в грифонах, имеющих поверх ила слой нефти, количество бактерий в верхнем слое не только не меньше, но иногда и больше, чем в более глубоких слоях. Нет сомнения, что слой нефти не только ограждает бактерий от вредного влияния воздуха и света, но и является прекрасным источником органического вещества для питания этих микроорганизмов.

На гибель микрофлоры грязевых вулканов под воздействием кислорода воздуха указывает и резкое уменьшение числа бактерий в шурфах, вырытых на сопочном поле в сухой брекчии. На опущенных в банки со свежим илом грязевых вулканов предметных стеклах (так называемые «пластинки обрастания», по Холодному) с течением времени оседали не только бактерии, но и кристаллы; однако, все наши наблюдения приводят нас к заключению, что этот оригинальный метод, заслуженно пользующийся большой популярностью и позволяющий знакомиться с микробным населением в естественных условиях среды его обитания, все же не дает полного представления о морфологическом составе этого населения, ибо на стекле оседают не все, а только некоторые формы, которые обильно размножаются, давая при этом характерную картину расположения клеток (табл. I, фиг. 2 и 3).

Параллельная обработка тех же образцов ила по Германову и фильтрация вод по методу Диановой и Ворошиловой указывает, что состав микрофлоры в морфологическом отношении гораздо разнообразнее, чем это отражено на «пластинках обрастания».

Все указанные выше первые исследования в полевых условиях установили, что в иле грязевых вулканов имеется обильная анаэробная микрофлора. Однако эти данные еще не давали никаких указаний на то, к каким физиологическим группам надо отнести обнаруженную микрофлору; в какой степени биологические особенности этих микробов согласуются с природными условиями среды их обитания.

Выяснению этих вопросов, а также вопросов о том, насколько биохимизм этих микробов может пролить свет на проблему генезиса грязевых вулканов и генетической связи их с месторождениями нефти, и посвящены дальнейшие наши исследования, начатые еще в полевых условиях и продолженные затем в нормальных лабораторных.

Небольшой период лабораторных исследований не позволяет еще делать каких-либо окончательных выводов; однако и до сих пор полученные результаты очень характерны и заслуживают, с нашей точки зрения, большого внимания. Экспериментальная часть исследования проведена в лаборатории Р. А. Вегер, Л. К. Осницкой и П. С. Грингауз.

Остановимся прежде всего на результатах изучения группового состава микрофлоры грязевых вулканов.

Как уже указано, одной из важных задач, поставленных нами, было выяснение вопроса, имеется ли какая-либо закономерность в распространении той или иной группы микробов в зависимости от геологического возраста вулканов и ряда особенностей каждого (pH среды, битуминозность, наличие сероводорода и пр.). Частично на некоторые из поставленных вопросов уже получены довольно ясные и характерные ответы.

О десульфуризаторах

Повидимому, одной из наиболее распространенных групп среди изучаемой микрофлоры в илах грязевых вулканов являются микробы, восстанавливающие сульфаты с образованием сероводорода и сернистого железа.

Изучение микрофлоры в посевах на среде ван-Дельдена указывает, что восстановитель сульфатов в иле грязевых вулканов должен быть отнесен к бактериям типа микроспиры.

Слабее представлены десульфуризаторы в иле вулканов, расположенных на отложениях апшеронского яруса в Азербайджане и в нижнем отделе ширакской свиты (Кила-купра) (табл. II, фиг. 4).

Чрезвычайно важным является факт отсутствия десульфуризаторов во многих образцах ила, взятых на поверхности грифонов, при обильном наличии их в пробах из тех же грифонов, взятых на глубине.

В такой же мере характерно частое отсутствие этой группы в ряде образцов породы, взятых из вырытых вокруг вулканов шурфов на глубине 2—7 м.

Сопоставление этих фактов, с нашей точки зрения, с достаточной убедительностью говорит о том, что обнаруженные в свежей сопочной грязи десульфуризаторы не заносятся извне, а, наоборот, выносятся из недр вулканов наружу, где при недостаточно благоприятных условиях погибают.

Из специфических особенностей микроспиры грязевых вулканов, отличающих ее от описанных до сих пор видов микроспиры современных осадков и сближающих ее с микроспирой нефтяных пластов, отметим ее большую приспособляемость к широким колебаниям температуры. Известно, что и для морской (*Microspira aestuarii* van Delden) и для пресноводной (*Microspira desulfuricans* Beyerinck) формы установлен оптимум роста при 28°. Третий вид (*Microspira thermodesulfuricans*) развивается при 50° и при более низких температурах не растет. Для каждого из указанных видов оптимальная температура, как и оптимальная концентрация солей, строго специфична. Для микроспиры нефтяных месторождений СССР и США (Т. Л. Гинзбург-Карагичева [5], Bastin [29], Gahle и Anderson [32]), наоборот, чрезвычайно характерна прекрасная приспособляемость к широким колебаниям как температуры, так и концентрации солей.

Т. Л. Гинзбург-Карагичевой установлено, что для микроспиры большинства нефтяных месторождений оптимальная температура лежит между 37 и 45°, но она (микроспира) развивается и при комнатной температуре. Бактерии нефтяных месторождений Сев. Америки восстанавливали сульфаты и при комнатной температуре, при 28, 37 и даже при 50°. Однако американские исследователи все же отождествляют микроспиру нефтяных пластов с микроспирой современных осадков, открытой впервые Beyerinck, полагая, что организмы месторождений нефти получили начало от одного предка и представляют собою один вид, приспособившийся постепенно к изменяющимся условиям жизни.

Повидимому, эти условия жизни менялись и для микроспиры грязевых вулканов, ибо в наших опытах восстановление сульфатов происходит при 22, 30, 38, 45 и даже при 50°. Однако оптимальная температура и для этих организмов лежит около 37—42°.

Принимая во внимание, что в настоящее время сопочный ил довольно холодный, можно предположить, что микроспира обитает в недрах грязевых вулканов с тех пор, когда там еще была гораздо более высокая температура.

Уже неоднократно нам приходилось останавливаться на том большом значении, какое имеет открытие десульфуризаторов в нефтяных пластах для понимания причины слабой сульфатности нефтяных вод и частого наличия в них сероводорода. Работы наши [5—9], как и Bastin [29, 30], подтвержденные позднее другими исследователями нефтяных вод и нефтей

(Э. А. Рейнфельд [25], Малиянц [18]), доказали, что главной, если не единственной причиной этого характерного признака пластовых вод является деятельность микроспиры, восстанавливающей сульфаты с образованием H_2S, FeS и накоплением карбонатов.

Широкое распространение этой группы микробов в недрах грязевых вулканов позволяет и здесь считать этих микробов виновниками бессульфатности вод последних, а сходные специфические особенности микроспиры нефтяных пластов и грязевых вулканов вызывают вполне правдоподобное предположение об аналогичных условиях существования этой группы, быть может, на протяжении геологических периодов с постепенной сменой условий температуры и концентрации солей [1] в среде обитания.

Таким образом, наши исследования, находящиеся еще в начальной стадии, позволяют, однако, считать вполне установленными следующие факты:

1. В свежем сопочном иле, взятом из глубины грифонов, имеет место широкое распространение группа десульфуризаторов, восстанавливающая сульфаты с образованием H_2S и FeS. Слабее всего эта группа представлена в грифонах, расположенных на отложениях апшеронского яруса и ширакской свиты.

2. Эти микробы не обнаружены в шурфах вокруг вулкана на глубине 2—7 м и во многих поверхностных пробах ила из грифонов.

3. По своей приспособляемости к широким колебаниям температуры микробы эти требуют отождествления с аналогичными микробами нефтяных пластов, а не с микроспирой современных бассейнов.

О микробах анаэробного брожения белкового вещества

В такой же мере, как десульфуризаторы, оказались распространенными в иле грязевых вулканов микробы, вызывающие в анаэробных условиях распад белковых веществ с образованием газообразных продуктов (состав газов пока еще не установлен).

В. Л. Омелянский еще в 1906 г. впервые указал на то, что, несомненно, крупным слагаемым в составе выделяющихся в природе при геологических процессах горючих газов является газ, образующийся при анаэробном распаде белковых веществ. Однако, этому выдающемуся исследователю не удалось вызвать метановое брожение при заражении соответствующей среды илом, и процесс этот был им изучен на материале, выделенном из гниющей шерсти.

Т. Л. Гинзбург-Карагичевой впервые было не только установлено широкое распространение микробов белкового брожения в нефтяных пластах и в глубоководных илах Черного моря, но и выделены в чистой культуре микробы водородного и метанового брожения белков. Этими исследованиями впервые доказано наличие в природе возбудителей анаэробного распада азотистых веществ двух типов — водородного и метанового, подобно тому как это доказано В. Л. Омелянским при брожении целлюлозы.

Изучение на ряду с брожением белковых веществ и брожения целлюлозы (о последнем подробнее будет сказано дальше), возбуждаемого микробами

---

[1] Для микроспиры грязевых вулканов еще не установлена оптимальная концентрация солей; в наших опытах она хорошо развивается и при 1 и при 3% NaCl в питательной среде. В сопочном иле нами установлено также наличие десульфуризаторов, которые используют целлюлозу в качестве единственного источника органического вещества.

В ряде вулканов, особенно в поверхностных слоях ила в грифонах, нами так же, как упомянутыми выше исследователями грязевых вулканов, установлено наличие так называемых тионовокислых бактерий, окисляющих тиосоединения и сероводород в сульфаты с выделением свободной серы. Наличием этой группы бактерий можно объяснить некоторое количество сульфатов в водах грязевых вулканов несмотря на энергичную деятельность микроспиры.

нефтяных пластов, привело нас к заключению, что возбудители обоих видов брожения далеко не одинаково представлены в недрах нефтяных месторождений разных районов: в одних (Апшеронский п-ов) резко преобладают микробы, разлагающие белки; в других (Нафталан) столь же резко преобладают целлюлозные микробы; наконец, имеются районы, где в равной степени представлены и те и другие (Грозный, Старые промысла).

На основании большого исследовательского материала нами в 1933 г. высказано было предположение, что, судя по характеру микрофлоры, свидетельствующем о том, какие по преимуществу органические вещества разлагались в местах отложения данных нефтяных пластов в прежние геологические времена; нефть Апшеронского п-ова могла образоваться, главным образом, за счет распада остатков животных, а в Нафталане — за счет растительных остатков. Эти предположения нашли подтверждение в исследованиях Красусского и Treibs [36]. Красусский, опираясь на химический анализ нафталанской нефти, высказывается (частное сообщение) за растительное ее происхождение. А Treibs, доказавший присутствие в нефтях продуктов распада хлорофила и красящего вещества крови, на основании изучения нефтей разных месторождений приходит к заключению, что при образовании апшеронских нефтей остатки животных составляли главную массу материнского вещества.

Совершенно очевидна важность подтверждения наших выводов другими исследователями, сделавшими те же заключения, независимо от наших изысканий, на основании результатов изучения того же самого материала, но другими методами.

Микробы белкового брожения очень широко распространены в иле вулканов, расположенных на отложениях продуктивной толщи, слабее представлены они в майкопской свите всех районов, ширакской свите (Грузия) и еще реже встречаются в меловых отложениях (Шуго, Сев. Астраханка). Таким образом распространение их в грязевых вулканах вполне аналогично распространению в нефтяных пластах. Выделенные в чистой культуре возбудители брожения белков морфологически сходны с описанными нами микробами белкового брожения нефтяных пластов и представляют собой палочки с конечной спорой (барабанные палочки). На культуре, выделенной из вулкана Дышгил (Азербайджан), установлено, что брожение происходит при разных температурах (20—45°), но оптимальной температурой является 40—45°, что и в этом отношении сближает белковые микробы грязевых вулканов с таковыми нефтяных пластов (табл. II, фиг. 5 и 6).

О микробах, разрушающих в анаэробных условиях целлюлозу с газообразованием

Интересные результаты получены нами при изучении распространения анаэробно разлагающих целлюлозу микробов в грязевых вулканах разного геологического возраста. Вопрос о разложении микроорганизмами растительных остатков, в частности клетчатки, издавна привлекал внимание исследователей. Огромная литература по этому вопросу свидетельствует о важности и сложности этих процессов в природе, далеко не изученных еще и до настоящего времени.

В. А. Омелянский, классические исследования которого впервые осветили процесс анаэробного брожения целлюлозы и указали на возбудителей этого процесса, полагает, что главнейшим источником метана в природе является разложение клетчатки. Нельзя сомневаться, что процесс этот играл огромную роль в прошлые геологические времена.

Исследования илов грязевых вулканов дают основание утверждать, что микробы, анаэробно разлагающие клетчатку с газообразованием, да-

леко не одинаково представлены в грязевых вулканах, расположенных на отложениях разного геологического возраста.

Предварительные данные по материалам 1935 и 1936 гг. о распространении этой группы микробов представлены в табл. 4. Эти данные говорят о том, что наиболее богата целлюлозными бактериями майкопская свита (76 и 75%); меньше всего этих бактерий в вулканах продуктивной толщи и апшеронского яруса.

Очень слабая распространенность целлюлозных бактерий в нефтяных пластах продуктивной толщи отмечена как нами, так и Малиянц, исследовавшей в течение нескольких лет пластовые нефтяные воды Апшеронского п-ова. Таким образом, нефтяные пласты и грязевые вулканы продуктивной толщи вполне сходны по слабой распространенности в них бактерий, разлагающих целлюлозу, и яркому преобладанию бактерий белкового брожения, что говорит в пользу идентичных условий образования тех и других в смысле исходного материала для образования газообразных и жидких углеводородов. В такой же мере для майкопской свиты всех районов характерна большая распространенность бактерий, анаэробно разлагающих целлюлозу. Интенсивность этого процесса так велика, что уже на 5—6-й день мы наблюдали летом (при комнатной температуре) распад целлюлозы с газообразованием и частым появлением пигмента различного цвета (главным образом розово-красного и желто-зеленого).

В анаэробных целлюлозных культурах нафталанской нефти и юрских отложений из буровой скважины на Черной речке в Гурьеве нами также установлено развитие тех же пигментов. Малиянц указывает на такое же разнообразие пигментов в анаэробных культурах целлюлозных бактерий при исследовании грунтов Каспийского моря.

Нет сомнения, что возбудители брожения целлюлозы не вносятся извне, ибо во многих образцах ила, взятых на поверхности грифонов, целлюлозные бактерии отсутствуют при наличии их в глубинных слоях тех же вулканов. [1]

Ярким доказательством в пользу участия целлюлозных бактерий в образовании своеобразных битуминозных продуктов в иле грязевых вулканов является наличие чрезвычайно активных целлюлозных бактерий в образце ила, заключающего прошластки черного маслянистого вещества со смолистым запахом (Набур, грифон на отложениях нижнего майкопа, коуна и сумгаита).

Известно, что при изучении процесса брожения целлюлозы применяют, главным образом, фильтровальную бумагу из хлопчатника. В нашей лаборатории открыт новый вид брожения целлюлозы — брожение хвойной целлюлозы. Впервые брожение хвойной целлюлозы было открыто нами на ряду с анаэробными целлюлозными бактериями, описанными В. А. Омелянским, в нафталанской нефти в 1932 г., что и послужило основанием для предположения, что нафталанская нефть могла образоваться за счет разложения, главным образом, растительных остатков, быть может, по преимуществу хвойных растений.

Бактерии анаэробного брожения хвойной целлюлозы широко распространены в свежей грязи вулканов. Пожалуй, последние гораздо чаще встречаются в сопочной грязи, чем возбудители брожения фильтровальной бумаги, и гораздо интенсивнее бродят, с обильным выделением газов, образуя так же часто пигмент зеленый или красноватый; в некоторых образцах оба эти микроба встречаются совместно.

В большинстве бродящих целлюлозных культур (смешанных) наблюдается интенсивное сероводородное брожение, свидетельствующее о том, что оба вида целлюлозы используются десульфуризаторами в качестве

---

[1] Наличие этого факта установлено В. О. Таусоном в сопочной грязи вулканов Таманско-Керченской группы и Рубенчиком на Ахтальских сопках.

Таблица 4

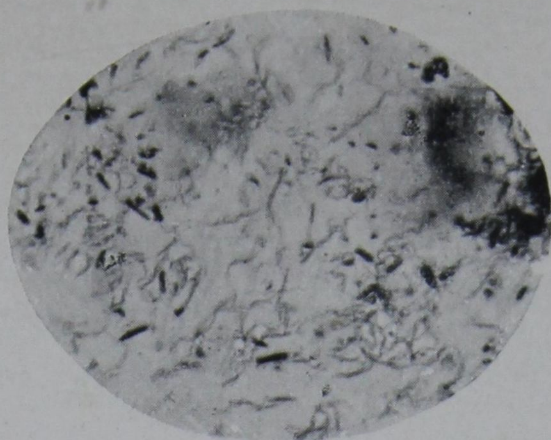
Распространение целлюлозных бактерий в иле грязевых вулканов

Район исследования вулканов	Геологический возраст	Количество исследующихся проб	Общее количество образцов, в которых обнаружены целлюлозные бактерии[1]	% наличия целлюлозных бактерий в вулканах данного геологического возраста	Брожение хвойной целлюлозы	
					число образцов	%
А. Азербайджан						
Карадагский район	Апшеронский ярус	11	1	9	—	—
Бинагады, Карадагский район	Продуктивная толща	26	3	11.5	—	—
Южн. Шор-сулы, Вост. и Зап. Джагырлы	Диатомовая свита	18	7	39	—	—
Бинагады	Чокракско-спириалисовые слои .	5	3	60	—	—
Бинагады, Сев. и Южн. Иланлы, Набур и Хидырлы	Майкопская свита	21	16	76	—	—
Бинагады	Мел, коунские слои	12	5	41.7	—	—
Демирчи, Сев. Астраханка	Мел, юнусдагские слои	7 14	7	29	—	—
Южн. Астраханка	Мел, орбитоидовые слои . . .	6	2	33	—	—
Б. Грузия, Керчь, Тамань и Кубань						
—	Ширакская свита	21	7	33.3	11	52.4
—	Сармат	12	10	83.3	10	83.3
—	Спаниодонтеловые	5	1	20	3	60
—	Майкоп	83	3	75[2]	76	91.5
—	Ахтала	12	5	41.6	8	75
—	Шурфы Майкоп	9	1	11.1[3]	5	55.5

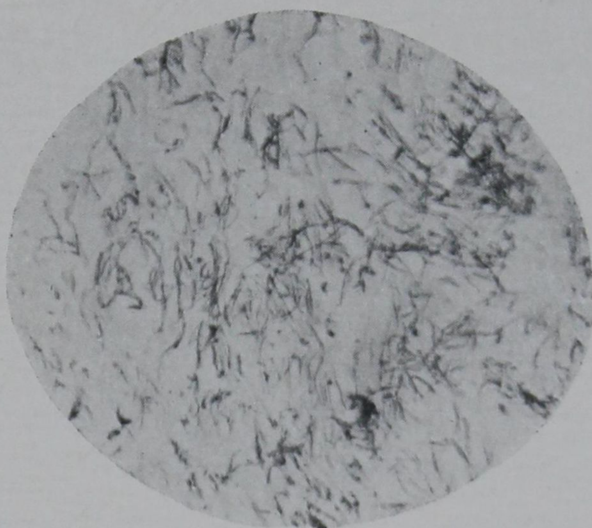
[1] Данные по Азербайджану показывают распространение целлюлозных бактерий, разлагающих фильтровальную бумагу, так как в 1935 г. еще не изучался процесс разложения хвойной целлюлозы на всех взятых пробах ила.

[2] Как видно из таблицы, распространенность целлюлозных бактерий в майкопской свите одинаково, независимо от того, в каком районе она исследовалась.

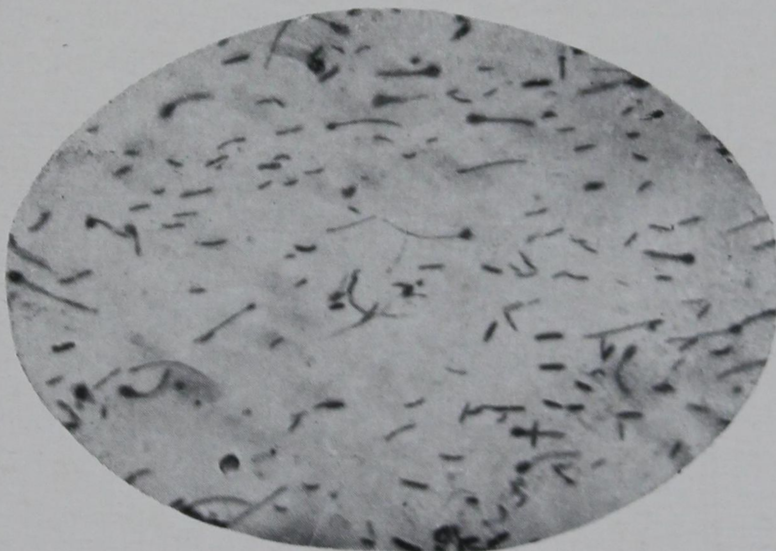
[3] Результаты изучения пород из шурфов указывают на вымирание микробов в сухой брекчии, вынесенной на поверхность.



Фиг. 7. Возбудитель брожения хвойной целлюлозы в смешанной культуре. Восточный Набур (Азербайджан).



Фиг. 8. То же. Южный Шор-сулы (Азербайджан).



Фиг. 9. Возбудитель брожения целлюлозы (фильтровальной бумаги) в смешанной культуре. Восточный Набур (Азербайджан).

источника органического вещества при восстановлении сульфатов. Во всех бродящих культурах установлено большое накопление слегка изогнутых длинных тонких палочек с конечной спорой, сходных с описанными В. А. Омелянским возбудителями анаэробного брожения целлюлозы; в культурах хвойной клетчатки преобладают спириллы со многими завитками и сильно изогнутые палочки, морфологически сходные с микробами хвойной клетчатки нафталанской нефти, в которой они были впервые открыты. Открытие в иле грязевых вулканов специфических целлюлозных микробов, наличие которых установлено в нефтяных пластах, снова дает основание высказаться за идентичность этих отложений (табл. III, фиг. 7, 8 и 9).

Согласно материалам, собранным в 1936 г., распространенность бактерий хвойной клетчатки в илах грязевых вулканов, расположенных на отложениях продуктивной толщи в Азербайджане, равна 43%. Эта цифра заставляет пересмотреть вопрос об исходном материале нефтей и газов этой толщи. Возможно, что крупную роль играли и остатки растений, главным образом хвойных; желательно поэтому изучение вопроса о распространенности бактерий, разлагающих хвойную целлюлозу, и в нефтяных пластах продуктивной толщи.

О микробах маслянокислого брожения

Среди биохимических процессов, входящих в цикл превращения углерода, большое место занимает маслянокислое брожение, которым в тесном смысле слова принято называть анаэробный распад углеводов, высших спиртов и солей молочной кислоты с энергичным выделением газов (CO_2, H_2, иногда CH_4) и образованием масляной и других летучих кислот и иных продуктов. Маслянокислое брожение широко распространено в природе и происходит повсюду, где безазотистое органическое вещество разлагается в отсутствии воздуха. Несомненно, происходило оно и в прошлые геологические времена. Van Tihem нашел типичную маслянокислую бактерию *Clostredium butyricum* в ископаемых остатках растений каменноугольного периода.

Исследованиями нашей лаборатории установлено широкое распространение микробов маслянокислого брожения сахаров в нефтяных пластах различных месторождений, особенно тех, где имеются микробы анаэробного брожения целлюлозы, при котором, как полагают, происходит расщепление последней на сахара.

Совместное нахождение обеих этих групп (бактерий, сбраживающих целлюлозу и сахара) очень важно в том отношении, что исключает вопрос о случайном занесении в исследуемый субстрат той или иной группы бактерий.

В этом отношении очень интересные результаты получены нами при изучении нафталанской нефти, где ярко представлены микробы, разрушающие не только целлюлозу, но и промежуточные продукты распада растительных остатков — сахара, низшие жирные кислоты, спирты, гумми и пр.

Исследования ила грязевых вулканов на наличие микробов маслянокислого брожения уже в настоящий момент дают важный материал для уяснения (и сравнения) картины распространения целлюлозных бактерий и вышеупомянутой группы.

В подавляющем числе случаев микробы маслянокислого брожения встречаются в тех пробах ила, где имеются целлюлозные бактерии; это особенно ярко выступает в образцах ила вулканов продуктивной толщи и апшеронского яруса, где целлюлозные бактерии встречаются редко.

Изредка маслянокислые бактерии встречаются в поверхностных пробах, при отсутствии их и целлюлозных бактерий в глубинных образцах из тех же грифонов, что свидетельствует о случайном нахождении их в результате загрязнения извне.

О распространении денитрификатора в иле грязевых вулканов

На ряду с группами микробов, разлагающих анаэробно органические вещества с выделением горючих газов, изучалась также и группа денитрификаторов, восстанавливающих до газообразного азота нитраты, в свою очередь являющиеся конечными продуктами минерализации азотистых органических веществ, происходящей в результате биохимических процессов.

Как известно, денитрификаторы — одна из наиболее распространенных групп микроорганизмов как в почвах, так и в морях, океанах и других бассейнах.

Нашими исследованиями установлено широкое распространение денитрификаторов в нефтяных пластах ряда месторождений третичного возраста (Апшеронский п-ов, Нафталан, Грозный, Старые промысла, Нефтегорск и др.).

Позднейшие исследования Э. А. Рейнфельд [24] подтвердили, также на большом количестве проб, повсеместное наличие этой группы микробов в нефтяных водах и нефтях различных районов Апшеронского п-ова. На основании этих данных, нам казалось, что денитрификаторы являются наиболее шаблонной группой в недрах нефтяных месторождений и наличие их ни в коей мере не может служить характерным признаком, отличающим одно месторождение от другого подобно тому, как это нами установлено, например, для микробов белкового и целлюлозного брожения.

Однако дальнейшие исследования месторождений Эмбы в 1932, 1934 и 1936 гг. (Т. Л. Гинзбург-Карагичевой, К. Ф. Родионова, Н. Р. Гаркиной и П. С. Грингауз) показали, что в нефтях и пластовых водах разных районов южного и западного Казахстана, где нефти залегают в более древних отложениях мела, юры и пермотриаса, так называемые «истинные» денитрификаторы, встречаются крайне редко.

Эти данные, проверенные на большом материале, позволяют думать, что, быть может, именно эта группа может стать руководящей для отличия третичных от более древних нефтей.

Изучение сопочного ила грязевых вулканов Азербайджана показывает, что денитрификаторы имеются во всех грифонах, расположенных на отложениях третичного возраста. В вулканах более древних отложений (Шуго, Сев. Астраханка) денитрификаторы исчезают, как и в более древних нефтяных пластах. Этот факт заслуживает особого внимания и требует тщательной проверки на большом количестве проб как из грязевых вулканов, так и из нефтяных пластов древнего возраста.

Деятельность денитрифицирующих бактерий должна, несомненно, влиять на содержание нитратов в илах грязевых вулканов; с другой стороны, быть может, постепенное уменьшение количества нитратов или их полное исчезновение может повести к вымиранию этой группы микробов в более древних отложениях.

Выяснение вопросов взаимосвязи тех или иных групп микробов и физико-химических условий среды их обитания и результатов воздействия этих микробов на данную среду — одна из задач дальнейшего комплексного изучения грязевых вулканов, которая, возможно, прольет свет не только на вопрос о происхождении грязевых вулканов, но и на жизнь их в настоящее время.

О брожении хитина

В иле грязевых вулканов установлено нами также наличие бактерий, анаэробно разлагающих хитин. Группа эта вообще еще мало изучена. Benecke (1905 г.), а затем и другими исследователями установлено, что

некоторые микроорганизмы способны размножаться в среде, содержащей только минеральные соли и хитин, быстро разрушая последний. Johnson установила, что хитин энергично разрушается микробактериями при наличии в среде наряду с хитином и мяса (панцырь и мясо крабов). Позднейшими исследованиями установлено большое количество видов, разлагающих хитин, главным образом в аэробных условиях. Интенсивное разрушение хитина с явлениями сероводородного брожения и выделением газообразных продуктов наблюдается нами в культурах ила следующих вулканов Азербайджана: Южн. Иланлы (майкопская свита), Шор-сулы (диатомовая свита), Хидырлы (майкопская свита) и Кечал-даг (спириалисовые слои). Особенно интенсивно брожение культуры Кечал-дага. Собраны газообразные продукты, в составе которых определены CO_2, H_2, следы тяжелых углеводородов и большой процент негорючих газов. [1]

После ряда пересевов выделено несколько палочковидных форм; однако, для решения вопроса о том, выделен ли возбудитель брожения, требуется дальнейшее исследование этих культур.

Необходима дальнейшая работа по выявлению и выделению в чистой культуре возбудителей всех характерных для грязевых вулканов биохимических процессов.

Микроскопическое изучение препаратов культур на одной и той же среде, но с илами разных вулканов, обнаруживает большое разнообразие форм, что как будто указывает на то, что, возможно, в разных районах имеются морфологически различные возбудители одного и того же процесса.

Как уже указано, для некоторых процессов (брожение белков, маслянокислое брожение, денитрификация) возбудители не только выявлены, но и выделены в чистой культуре.

Выделено также несколько чистых культур, биохимические свойства которых еще не вполне изучены.

К числу последних надо отнести следующие виды:

a) из воды источника № 4 на Баксынской группе сопок Керченского района выделена небольших размеров палочка с закругленными краями, вызывающая маслянокислое брожение; палочка эта сходна морфологически с выделенной нами из нафталанской нефти и в литературе до сих пор не описана;

b) из нефтяной воды скв. № 3 в Мирзаани выделен денитрификатор — небольших размеров палочка с закругленными краями;

c) особенный интерес представляет кокко-бацилл, выделенный из ила сальзы с нефтью в Кила-купра (Грузия, ширакская свита), взятого на глубине 2.75 м. Этот микроб на самых разнообразных средах издает характерный запах сырого мака, или опия, который открыт и описан у микроба-денитрификатора, выделенного из нафталанской нефти. Таким образом, открытые нами микробы нефти вторично выделяются нами из ила грязевых вулканов.

Изученные до сих пор микробы являются факультативными анаэробами.

Детальное изучение всех выявленных и выделенных культур, а также всех газообразных и жидких продуктов распада при брожении различных органических веществ — очередная задача дальнейших исследований этого большого чрезвычайно интересного материала.

Сравнительное изучение микрофлоры нефтяных пластов и грязевых вулканов позволяет сделать заключение, с одной стороны, об аналогичных условиях существования микроорганизмов одного геологического возраста как нефтяных пластов, так и грязевых вулканов

[1] Анализ газа произведен под руководством проф. В. А. Соколова.

Сводная таблица по микробиологическому иссле

№ по пор.	Район и название вулкана	Геологический возраст	Описание ила	Наличие сероводородного брожения	Глубина взятия пробы в м
	Кара-даг				
1	М. Мишов-даг	Апшеронский ярус	Жидкий серый мелкопесчанистый ил	—	0 (Поверхность
2	То же	То же	Полужидкий песчанистый ил	—	4
3	Южная сопка в нефтяной балке Мишов-дага	»	Зеленовато-серый густой маслянистый ил	—	1.5
4	Сев.-вост. грифон в нефтяной балке Мишов-дага	»	Мелкозернистый, почти черный песчаник; сильно вскипает с HCl	—	1
5	М. Мишов-даг	»	Полужидкий серый песчанистый ил	—	4
6	Центр. сопка. Отман-бозы-даг	»	Густая серая вязкая маслянистая грязь	—	8.5
7	Сопка № 2, Отман-бозы-даг	»	—	—	0.4
8	Сопка № 3, Отман-бозы-даг	»	—	—	0.7
9	Сопка № 10, Чухур-оглы-бозы	»	—	—	4
10	Сопка № 1, внизу Чухур-оглы-бовы [2]	»	—	—	0
11	Сопка № 2, Чухур-оглы-бозы	Нижний апшерон	—	—	4
12	Гутерлык	Продуктивная толща	Желтовато-серый, полужидк. песчанистый ил	—	0
13	Там же	Продуктивная толща	Желто-серый, полужидк. маслянистый глинистый ил	—	1.5
14	Там же	То же	Зеленовато-серый, сильно маслянистый глинистый ил	—	0
15	Там же	»	»	—	4
16	Юркины Сальзы	»	Серый, сильно песчанистый маслянистый ил	—	9
	Бинагады				
17	«Провалившийся» к юго-зап. от Кузы-кул-оглы [3]	»	Пленки нефти на иле	—	0

[1] Материал 1935 г. на наличие микробов брожения хвойной целлюлозы изучался графе говорит о том, что проба на данный процесс не изучалась.

[2] В виду того, что в двух глубинных пробах из этого вулкана (Чухур-оглы-бозы) занесены сверху.

[3] Как видно, в поверхностном слое сохранились только маслянокислые бактерии.

Таблица 5

дованию грязевых вулканов Азербайджана

Количество бактериальных клеток на 1 г сухого ила	Групповой состав микрофлоры					
	восстановление сульфатов	вызывающие брожение белковых веществ	вызывающие брожение целлюлозы хвойной [1]	вызывающие брожение целлюлозы в виде фильтр. бумаги	микробы маслянокислого брожения	денитрификаторы
—	+	—	—	—	—	+
—	+	—	—	—	—	+
968 750 000	+	+	—	—	—	+
—	+	—	—	+	+	+
—	+	—	—	—	—	—
—	+	+	—	—	—	+
—	+	+	—	—	—	+
—	+	+	—	—	—	+
—	+	+	—	—	—	+
—	+	+	—	+	—	+
—	+	+	—	—	—	+
—	+	—	—	—	—	+
—	+	+	—	—	+	+
—	+	+	—	—	+	+
—	+	+	—	—	+	+
—	+	+	+	+	+	+
1 195 312 500	—	—	—	—	+	—

всего на 40 образцах ила. Поэтому отсутствие какого-либо знака в соответствующей

нет целлюлозных бактерий, можно думать, что в поверхностной пробе эти микробы

№ по пор.	Район и название вулкана	Геологический возраст	Описание ила	Наличие сероводородного брожения	Глубина взятия пробы в м
18	«Провалившийся» к юго-зап. от Кузы-кул-оглы	Продуктивная толща	Пленки нефти на иле	—	6.2
19	Деве-бойну	То же	Выброс газов в виде облачка с резким удушливым запахом сернистых соединений	—	6
20	Зигиль-пири	»	Сильно-битумин. на закированном поле	—	4.5
21	Котур-даг	»	Темносерый, сильно маслянистый ил	—	0
22	Там же	»	Темносерый, довольно плотный песчаный ил	—	6.5
23	Там же	»	Темносерый, сильно маслянистый, глинистый ил	—	5
24	Дышгил	»	Серый, густой, сильно маслянистый, глинистый ил	—	4.5
25	Там же	»	Темносерый, сильно маслянистый ил (глина с примесью мелкозернистого песка)	—	10
	Южн. Шор-сулы				
26	Воронка № 5	Диатомовая свита	На поверхности пульсирующей воронки густой слой нефти	—	0.7
	Южн. Шор-сулы				
27	Воронка № 5	»	На поверхности пульсирующей воронки густой слой нефти	—	5,7
28	Воронка № 4	»	Слой густой маслянистой нефти на поверхности воронки [2]	—	0.7

[1] Материал 1935 г. на наличие микробов брожения хвойной целлюлозы изучался графе говорит о том, что проба на данный процесс не изучалась.

[2] Повидимому, слой нефти на поверхности ила в воронке не только гарантирует ческого вещества для питания их, чем можно объяснить большое количество микробов

Продолжение

Количество бактериальных клеток на 1 г сухого ила	Групповой состав микрофлоры					
	восстановление сульфатов	вызывающие брожение белковых веществ	вызывающие брожение целлюлозы хвойной [1]	вызывающие брожение целлюлозы в виде фильтр. бумаги	микробы маслянокислого брожения	денитрификаторы
1 687 500 000	+	—	+	+	+	+
820 312 000	+	—	+	—	—	+
1 757 812 000	+	+	+	+	+	+
—	+	+	—	—	+	+
—	+	—	+	—	—	Слабо
—	+	—	—	—	—	+
—	+	—	—	—	—	+
—	+	+	+	—	+	+
2 142 500 000	+	+	—	+	+	+
3 203 125 000	+	+	—	+	—	+
2 796 875 000	+	+	—	+	+	+

всего на 40 образцах ила. Поэтому отсутствие какого-либо знака в соответствующей

микробам вполне анаэробные условия, но и является прекрасным источником органи-
и в поверхностных слоях ила в пульсирующих воронках.

№ по пор.	Район и название вулкана	Геологический возраст	Описание ила	Наличие сероводородного брожения	Глубина взятия пробы в м
29	Там же	Диатомовая свита	Слой густой маслянистой нефти на поверхности воронки	—	7.7
30	Воронка № 3	То же	Сильно закированная пульсирующая воронка	—	7.7
31	Воронка № 2	»	Отдельные капли нефти в сером иле	—	7.5
32	Воронка № 1	»	На поверхности пульсирующей воронки слой нефти	—	5.7
	Джагырлы, Зап. поле				
33	Воронка № 1	»	—	—	3.73
34	Воронка № 2	»	—	—	4.73
	Джагырлы, Вост. поле (Чалы)				
35	Воронка № 1	»	—	—	0.5
36	Воронка № 2	»	—	Интенс.	3
	Бинагады				
37	Бель-пеля	На границе диатомовой свиты и спириалисовых слоев	—	—	2.1
38	Кечал-даг	Чокракско-спириалисовые слои	—	Не обнаружено	4
39	Выхода нефти на сев.-зап. склоне верш. «113.1»	То же	Черный смолоподобный битум	—	4.2
40	Перекюшкюльская группа сопок	На границе спириалисовых слоев и майкопской свиты	—	Следы	4.7

[1] Материал 1935 г. на наличие микробов брожения хвойной целлюлозы изучался графе говорит о том, что проба на данный процесс не изучалась.

Продолжение

Количество бактериальных клеток на 1 г сухого ила	Групповой состав микрофлоры					
	восстановление сульфатов	вызывающие брожение белковых	вызывающие брожение целлюлозы хвойной [1]	вызывающие брожение целлюлозы в виде фильтр. бумаги	микробы маслянокислого брожения	денитрификаторы
1 812 500 000	+	+	—	+	—	+
2 140 625 000	+	—	—	+ порозовение бумаги	+	Слабо
1 515 625 000	+	+	+	—	—	+
1 593 750 000	+	+	—	+ порозовение бумаги	+	+
1 515 625 000	+	+	—	+	+	+
1 859 375 000	+	+	+	+	+	+
781 250 000	+	+	—	+	+	+
2 828 125 000	+	+	—	+	+	+
1 429 687 500	+	+	—	+	+	+
1 737 375 000	+	—	+	+	+	+
1 335 937 000	+	+	—	—	—	+
1 489 062 500	+	+	—	—	—	+

всего на 40 образцах ила. Поэтому отсутствие какого-либо знака в соответствующей

№ по пор.	Район и название вулкана	Геологический возраст	Описание ила	Наличие сероводородного брожения	Глубина взятия пробы в м
	Хидырлы				
41	Вулкан Хидырлы	Чокракско-спириалисовые слои и майкопская свита	Отдельные капли нефти	—	6.23
	Бинагады				
42	Большой безымянный к югу от Татар-пиль-пиля	Майкопская свита	—	Следы	3
	Иланлы				
43	Южн. Иланлы	Нижний майкоп	—	Не обнаружено	0
44	Там же	То же	—	То же	7.43
45	Высокий грифон	»	»	—	3
46	Маленький грифон на большом кратере [2]	»	»	—	3
47	Такой же рядом	»	»	—	2
48	Сев. Иланлы, крошечный пульсирующий грифон на большом кратере	»	—	Интенс.	0.20
49	Большая воронка в долине	»	—	—	3
50	Пульсирующая сопка на большом кратере	»	—	Удушливые сернитые газы из многих сопок	3.5
	Набур				
51	Большая воронка кипящей чистой воды «Нарзан»	Низы верхнего майкопа	—	—	1.5
52	Большая сильно пульсирующая воронка известковисто-песчанист., внизу жирная глина [3]	То же	Слабый битуминозный запах	—	3.5

[1] Материал 1935 г. на наличие микробов брожения хвойной целлюлозы изучался графе говорит о том, что проба на данный процесс не изучалась.

[2] В настоящее время этот огромный кратер бездействует; указанные два маленьсом грязи.

[3] Переклинальное окончание диапировой складки.

Продолжение

Количество бактериальных клеток на 1 г сухого ила	Групповой состав микрофлоры					
	восстановление сульфатов	вызывающие брожение белковых веществ	вызывающие брожение целлюлозы хвойной [1]	вызывающие брожение целлюлозы в виде фильтр. бумаги	микробы маслянокислого брожения	денитрификаторы
2 046 875 900	+	+	+	+	+	+
1 429 687 500	+	+		—	—	+
343 750 000	+	+	—	+	+	+
1 312 500 000	+	+	+	Интенс. порозовение бумаги при комн. температуре	+	+
1 172 500 000	+	—	+	Порозовение бумаги	—	+
1 172 500 000	+	+	+	+	+	+
753 333 000	+	+	+	+	+	+
965 625 000	+	—	+	—	+	+
1 131 250 000	+	+	—	Порозовение бумаги	+	+
5 390 662 500	+	+	—	—	—	+
1 160 100	+	+	—	—	—	+
В верхнем песч. слое 1 234 375 000 В нижнем глинистом слое 1 718 760 000	+	+	—	+	+	+

всего на 40 образцах ила. Поэтому отсутствие какого-либо знака в соответствующей

ких грифона накануне взятия пробы стали слабо газировать с незначительным выбро-

№ по пор.	Район и название вулкана	Геологический возраст	Описание ила	Наличие сероводородного брожения	Глубина взятия пробы в м
53	Большая сильно пульсирующая воронка с пленками нефти	Низы верхнего майкопа	Смолистая нефть	Интенс.	8
54	Там же	То же	Легкая нефть	—	11
	Набур				
55	Большая воронка с пульсир. мутной водой и с пленкой нефти	»	—	+	1.25
56	Сопка № 1	На западном оконч. ядра протыкания; майкоп, коун, сумгаит	Примесь смолистых веществ в глубине	Интенс.	3.25
57	Сопка № 2 [2]	То же	Примесь жидкой нефти	—	3.25
58	Сопка № 3 [2]	»	То же	—	3.25
	Бинагады				
59	Боз-даг	Коун	»	—	0.75
60	Шор-охзы-хазры	Коун на коренных породах	Асфальтовая нефть	—	1.25
61	Грязев. сопка к сев.-вост. от оз. Дажгыл	Коун	—	—	2.5
62	Сопка № 49, 8	»	Слабый битуминозный запах	—	2.5
63	Бурансыз-пиль-пиля	»	—	+	3.4
64	Группа Учтапинских сопок	»	Сильно закированное поле	+	4.5
65	Татар-пиль-пиля	»	—	—	5.2
66	Безымян. сопка к западу от Бурансыз-джульга	»	Смолистая нефть	+	5.5
67	Сопка Вирта	»	—	—	7.5
68	Яшминский	Ильхи-даг	—	Интенс.	2.25
	Сев. Астраханка				
69	Грифон № 1, Больш. кратер	Юнус-даг	—	—	0 поверхн.
70	Тот же грифон	—	—	—	2

[1] Материал 1935 г. на наличие микробов брожения хвойной целлюлозы изучался графе говорит о том, что проба на данный процесс не изучалась.

[2] Сопки № 2 и 3 являются выходами одного грифона, что подтверждает одинако

[3] Заслуживает внимания относительно большое количество бактерий в коренных

Продолжение

Количество бактериальных клеток на 1 г сухого ила	Групповой состав микрофлоры					
	восстановление сульфатов	вызывающие брожение белковых веществ	вызывающие брожение целлюлозы хвойной [1]	вызывающие брожение целлюлозы в виде фильтр. бумаги	микробы маслянокислого брожения	денитрификаторы
3 609 375 000	+	+	—	+	+	+
3 828 125 000	+	+	+	+	+	+
3 359 375 000	+	+	—	+	+	+
1 927 083 000	+	—	+	Очень сильное брожение целлюлозы	+	+
2 500 000 000	+	+		+	+	+
2 500 000 000	+	+		+	+	+
1 218 750 000	+	+	—	—	—	+
2 085 937 000 [3]	+	+	+	+	+	+
1 312 437 000	+	+	—	—	—	+
1 312 437 500	+	+	—	—	—	+
1 570 312 500	+	+	—	—	—	+
1 054 687 000	+	+				слабо
1 390 625 000	+	+	—	Порозовение бумаги	—	+
1 968 281 250	+	—	—	То же	—	+
1 195 312 000	+	—	—	—	+ слабо	+
1 664 062 500	+	+	—	—	+ слабо	+
343 750 000	—	—	—	—	—	—
500 000 000	+	+	—	—	—	—

всего на 40 образцах ила. Поэтому отсутствие какого-либо знака в соответствующей

вое количество бактерий на одной и той же глубине.
породах.

№ по пор.	Район и название вулкана	Геологический возраст	Описание ила	Наличие сероводородного брожения	Глубина взятия пробы в м
71	Грифон № 2	—	—	—	3
71а	Там же	—	—	—	3.40
	Сев. Астраханка				
72	Грифон № 3 [2]	—	—	—	5
	Демирчи				
73	Грифон № 1 [3]	—	—	—	1.5
74	Грифон № 2	—	—	—	1.5
75	Грифон № 3	—	—	—	2.5
76	Мелкая лужа	—	—	—	0 поверхн.
	Южн. Астраханка				
77	Грифон № 1	Орбитоидовые слои	—	—	1.85
77а	Там же	—	—	—	4
78	Грифон № 2	—	—	—	1.85
79	Там же	—	—	—	3.4
	Халтанский				
80	Серный источник [4]	—	—	+	—

[1] Материал 1935 г. на наличие микробов брожения хвойной целлюлозы изучался графе говорит о том, что проба на данный процесс не изучалась.

[2] Самая глубокая и активно действующая воронка на данном вулкане.

[3] Слабо пульсирующие воронки в виде мелких лужиц.

[4] Все процессы протекают необычайно интенсивно.

Продолжение

Количество бактериальных клеток на 1 г сухого ила	Групповой состав микрофлоры					
	восстановление сульфатов	вызывающие брожение белковых веществ	вызывающие брожение целлюлозы хвойной [1]	вызывающие брожение целлюлозы в виде фильтр. бумаги	микробы маслянокислого брожения	денитрификаторы
984 375 000	+	+	—	+	—	—
1 875 000 000	+	+	—	—	—	—
4 787 500 000	+	+	—	+	—	—
687 500 000	+	+	—	—	—	+
98 375 000	+	+	—	+	—	+
2 500 000 000	+	—	—	+	+	—
—	—	—	—	+	+	+
1 453 125 000	+	+	—	+	+	+
	+	+	—	+	+	+
1 406 250 000	+	—	—	+	+	+
621 875 000	+	+	—	+	+	+
1 625 000 000	+	+	+	+	+	+

всего на 40 образцах ила. Поэтому отсутствие какого-либо знака в соответствующей

и, с другой стороны, о генетической связи тех и других, поскольку условия эти изменялись одинаково, ибо вымирание как денитрификаторов, так и десульфуризаторов в более древних отложениях могло явиться результатом постепенного уменьшения или полного исчезновения нитратов и сульфатов в этих отложениях.

Что касается вопроса о видимых скоплениях микрофлоры вокруг грязевых вулканов, то во всех исследованных нами районах они до странности незначительны и очень редко наблюдаются. Чаще всего это небольшие зеленовато-желтые налеты диатомовых водорослей, состоящие из одного или нескольких видов рода *Navicula*, и только в сильно битуминозных лужицах вокруг некоторых сопок, на ряду с диатомовыми, обильно развиваются осциллярии и другие сине-зеленые водоросли (табл. I, фиг. 1).

Вероятно, развитию флоры вокруг вулканов препятствуют постоянные извержения свежей сопочной грязи. Повидимому, по этой же причине редко наблюдается рост травы и присутствие какой бы то ни было древесной растительности или кустарников на вулканах.

ВЫВОДЫ

Подводя итоги полученным до сих пор результатам микробиологических исследований грязевых вулканов, можно уже в настоящий момент сделать ряд важных предварительных заключений.

1. В свежих илах грязевых вулканов повсеместно обитает живая активная анаэробная микрофлора, очень плохо или совсем не развивающаяся при доступе воздуха.

2. В количественном отношении населенность илов бактериями не уступает таковой в современных глубоководных илах. В некоторых пробах сопочной грязи свыше миллиарда клеток на 1 г сухой грязи.

3. В поверхностном слое ила — в грифонах бактериальных клеток меньше, чем в более глубоких слоях его, и количество их постепенно возрастает с глубиною.

4. Более богаты микробами активно действующие вулканы, в которых происходит постоянное излияние потоков грязи, т. е. беспрерывно выносится на поверхность глубинный ил, а также вулканы битуминозные и сероводородные.

5. Среди микробов, населяющих недра грязевых вулканов, широко распространены десульфуризаторы и различные группы, интенсивно разлагающие в анаэробных условиях органические вещества и нитраты с газообразованием.

6. Распространенность микробов различных физиологических групп в вулканах разных районов и геологического возраста соответствует распространению аналогичных групп микробов в нефтяных пластах тех же районов и того же возраста.

7. По своим биохимическим свойствам микрофлора грязевых вулканов в общем сходна с микрофлорой современных сероводородных бассейнов и нефтяных пластов; однако, по своим биологическим особенностям она должна быть отождествлена с микрофлорой нефтяных месторождений.

Для более полного выяснения вопроса об идентичности микрофлоры грязевых вулканов и нефтяных месторождений одного возраста необходимы параллельные исследования тех и других в одних и тех же районах.

Наличие в глубинах грязевых вулканов многочисленной и разнообразной анаэробной микрофлоры, интенсивно разлагающей различные органические вещества с обильным выделением газов, естественно, приводит к мысли о том, что обнаруженная микрофлора могла в осадках прошлых геологических времен в результате биохимических процессов привести

к образованию всех тех продуктов, которыми характеризуются грязевые вулканы, подобно тому как это происходит в наши дни в местах скопления большого количества органических веществ в осадках. Изучение биохимизма этой микрофлоры может не только пролить свет на генезис грязевых вулканов, но и осветить ряд особенностей их современной жизни.

Полученные до сих пор результаты микробиологических исследований вполне убедительно говорят о том, что грязевые вулканы Азербайджана, Грузии, Кубани и Крыма в микробиологическом отношении представляют собою объекты, связанные между собою рядом общих черт, обусловленных, видимо, общностью генезиса, но имеющие свои индивидуальные особенности, зависящие, вероятно, главным образом, от исходного органического материала, из которого происходит образование, в результате бактериальных процессов, газов, битумов и других продуктов, характерных для грязевых вулканов.

Одновременно на фоне большого исследовательского материала совершенно отчетливо выступает несомненная связь между грязевыми вулканами и имеющимися в тех же районах выходами нефти, свидетельствующая о том, что и нефть и газы грязевых вулканов обязаны своим происхождением одной общей причине — биохимическим процессам, протекавшим на протяжении геологических периодов в среде, богатой органическим веществом.

Сопоставление состава микрофлоры илов грязевых вулканов, расположенных на отложениях различного геологического возраста, в ряде случаев дает возможность характеризовать возраст выносящейся свежей брекчии на основании группового состава этой микрофлоры. Заслуживает внимания факт, что данные микробиологии для ряда вулканов вполне совпадают с данными петрографического анализа (Мишов-даг, Зигиль-пири и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович М. Извержение грязевого вулкана Лок-батан, Азерб. нефт. хоз., № 8—9, 1926.
2. Архангельский. Несколько слов о генезисе грязевых вулканов Апшеронского п-ова и Керченско-Таманской области, Бюлл. Моск. общ. испыт. прир. Отд. геол., т. III, № 3—4, 1925.
3. Буткевич В. С. Методика бактериологического исследования и некоторые данные по распределению бактерий в воде и грунтах Баренцова моря, Тр. Гос. океан. инст., т. II, вып. 2, 1932.
4. Буткевич В. С. и Буткевич Н. В. Микробиология, т. V, вып. 3. 1936.
5. Гинзбург-Карагичева Т. Л. Изв. Азерб. политехн. инст., т. IV—V, 1928.
6. Гинзбург-Карагичева Т. Л. Микробиологические очерки, 1932.
7. Гинзбург-Карагичева Т. Л. Бюлл. Моск. общ. испыт. прир. Отд. геол., № 1, 1933.
8. Гинзбург-Карагичева Т. Л. Природа, № 10, 1933.
9. Гинзбург-Карагичева Т. Л. и Лавренев В. Азерб. нефт. хоз., № 3, 1927.
10. Гинзбург-Карагичева Т. Л., Прянишников Н. Д. и Родионов К. Ф. Микробиология, № 4, 1935.
11. Губкин И. М. Тектоника юго-вост. части Кавказа в связи с нефтеносностью этой области, 1934.
12. Губкин И. М. Учение о нефти, 1932.
13. Губкин И. М. Обзор геологических образований Таманского п-ова. Изв. Геол. ком., т. XXXII, 1913.
14. Губкин И. М. и Варенцов М. И. Природные газы, сб. 7, 1933.
15. Дианова и Ворошилова. Микробиология, т. I, вып. 3, 1932.
16. Исаченко Б. Л. Микробиологический анализ грунтов Азовского и Черного морей, Тр. гидролог. инст., 1933.
17. Исаченко Б. Л. Исследования над бактериями Сев. Ледовитого океана, 1914.
18. Малышек, Малиянц, Рейнфельд. Азерб. нефт. хоз., № 7—8, 1935.
19. Омелянский В. А. Арх. биол. наук, т. VII.
20. Омелянский В. А. Арх. биол. наук, т. IX.
21. Омелянский В. А. Арх. биол. наук, т. XII.

22. Омелянский В. А. Основы микробиологии, 1924.
23. Рейнфельд Э. А. Денитрифицирующие бактерии некоторых нефтяных районов, 1936.
24. Рубенчик Л. Микробиология, т. V, вып. 4. 1936.
25. Симакова, Сохадзе-Каджая, Рцхиладзе. К микробиологической характеристике Ахтальской грязи, 1934.
26. Таусон В. О., Веселов И. Я., Алешина В. И. и Гольдин М. И. Об анаэробной микрофлоре сопочных грязей, Микробиология, т. II, вып. 4, 1933.
27. Федоров С. Ф. Грязевые вулканы Крымско-Кавказской провинции. Инф. сб. НГРИ, № 1, 1934.
28. Федоров С. Ф., Сулин В. А. и Шумилин С. В. Нефтяные месторождения Советского Союза, 1935.
29. Bastin E. S. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geolog., № 12, 1926.
30. Bastin E. S. Ibidem, № 2, 1930.
31. Cholodny N., Arch. für Mikrobiologie, Bd. I, 1930.
32. Gahle u. Anderson, Centralbl. f. Bact., II Abt., 73, 1928.
33. Germanov F. N. Zur Methoden der Bakterienberechnung im Boden, Sec. intern. Congr. Soil. Science, 1930.
34. Hecht F. Der Verbleib der organischen Substanzen der Tiere bei meerischer Einbettung «Senkenbergiana», 15, 1933.
35. Rubentschik L. Über Sulfatreduktion durch Bakterien bei Zellulosegährungsprodukten als Energiequelle, Cbl. f. Bakt. II Abt., *73*, 483—496, 1928.
36. Treibs. Liebigs Ann. der Chemie, *509*, 103, 1934, *510*, 42, 1934.

СОДЕРЖАНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА АКАДЕМИИ НАУК СССР

на 1939 г.

№ п/п.	НАИМЕНОВАНИЕ ЖУРНАЛА	Периодичность	Подписная цена на 12 мес.	на 6 мес.
	Печатаются в Москве:			
1.	Вестник Академии Наук	12	30—00	15—00
2.	Доклады Академии Наук, русск. издан.	36	108—00	54—00
3.	„ „ „ иностр. „	36	108—00	54—00
4.	Математический сборник	10	60—00	30—00
5.	Математический журнал (Известия АН, сер. математическая)	6	36—00	18—00
6.	Геологический журнал (Известия АН, сер. геологическая)	6	36—00	18—00
7.	Журнал географии и геофизики (Известия АН, сер. географическая)	6	36—00	18—00
8.	Физико-математический реферативный журнал	12	72—00	36—00
9.	Химический реферативный журнал	12	84—00	42—00
10.	Журнал общей биологии (б. серия биологическая)	6	54—00	27—00
11.	Журнал экспериментальной биологии	6	42—00	21—00
12.	Зоологический журнал	6	42—00	21—00
13.	Автоматика и телемеханика	6	36—00	18—00
14.	Журнал Отделения технических наук (б. Известия Отд. технических наук)	10	60—00	30—00
14а.	Наука и жизнь	12	21—00	10—50
	Печатаются в Ленинграде:			
15.	Природа	12	36—00	18—00
16.	Астрономический журнал (Известия АН, сер. астрономическая)	6	21—00	10—50
17.	Записки Минералогического общества	4	32—00	16—00
18.	Известия Географического общества	4	24—00	12—00
19.	Журнал экспериментальной и теоретической физики	12	72—00	36—00
20.	Журнал технической физики	24	120—00	60—00
21.	Физический журнал (на иностр. яз.)	12	48—00	24—00
22.	Журнал физической химии	12	72—00	36—00
23.	„ общей химии	24	96—00	48—00
24.	„ прикладной химии	12	72—00	36—00
25.	Акта физика-химика (на англ. яз.)	12	90—00	45—00
26.	Советская ботаника	8	48—00	24—00
27.	Микробиология	10	60—00	30—00
28.	Почвоведение	12	72—00	36—00
29.	Известия Ботанического общества	6	24—00	12—00

ПОДПИСКУ НАПРАВЛЯТЬ:

Москва. Конторе по распространению изданий Академии Наук СССР „Академкнига“. Б. Черкасский пер., д. 2.

Примечание: На журналы, печатающиеся в Ленинграде, подписку направлять по адресу: Ленинград 104, Проспект Володарского, 53-а. Лен. Отделение конторы „Академкнига“.

5

100-

ИБ-232

Цена 10 руб.

К-496

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ:

ЮЖНО-УРАЛЬСКАЯ Комплексная экспедиция Академии Наук СССР. Выпуск 1. 1936. 120 стр. Цена 6 р. 50 к.

ПЕТРОГРАФИЯ СССР. Серия I. Региональная петрография. Вып. 7. Петрография Урала. Часть I. 1937. 140 стр. Цена в переплете 6 р. 75 к.

ПЕТРОГРАФИЯ СССР. Серия II. Монографии. Вып. 3. Б. М. Куплетский. Формация нефелиновых сиенитов СССР. 1937. 307 стр. Цена в переплете 21 р.

ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ (Совет по изучению производительных сил. Серия Уральская, вып. 1). 1937. 96 стр. 42 фиг. Цена 3 р. 50 к.

САВЕЛЬЕВ, И. П. Геолого-геохимические исследования на р. Аят. в верховьях р. Тобол. 1937. 72 стр. 14 фиг. Цена 2 р. 50 к.

ТРУДЫ Конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия. 1937. 648 стр. Цена в переплете 22 р. 50 к.

ГЕОЛОГИЯ в изданиях Академии Наук СССР. Вып. 1. Геологическая литература СССР. 1728—1928. Составили О. К. Смирнова, Э. П. Файдель, К. И. Шафрановский. (Академия Наук СССР. Библиотека) 1938. 472 стр. Цена в переплете 25 р.

А. П. КАРПИНСКИЙ. 1846—1936. Библиографический сборник. Составлен В. А. Фейдер. (Академия Наук СССР. Библиотека) 1938. I — XXIV + 319 стр. 18 фиг. Цена в переплете 20 р.

КНИГИ ВЫСЫЛАЮТСЯ ПО ПОЛУЧЕНИИ ЗАКАЗА НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ.

ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯЙТЕ:

Конторе по распространению изданий Академии Наук СССР „АКАДЕМКНИГА“ — Москва Б. Черкасский пер., д. 2.

ФИЛИАЛАМ КОНТОРЫ „АКАДЕМКНИГА“

Ленинград 104, проспект Володарского, 53-а.
Киев, ул. Свердлова, 15.
Харьков 3, почтов. ящ. № 318.
Одесса, ул. Пастера, 34/6.
Ростов н/Дону, ул. Энгельса, 68.
Минск, Советская, 32.

ПОДПИСНЫМ ПУНКТАМ КОНТОРЫ „АКАДЕМКНИГА“

Новосибирск, Центр, почтамт, БОСК 47.
Свердловск, ул. Малышева, 31/8.
Горький, 7-е почт. отделение, почтов. ящ. № 46.
Саратов, Советская, 3, кв. 18.
Воронеж, ул. Таранченко, д. № 34, кв. 26.
Тбилиси, ул. Барнова, 22.
Ташкент, Главн. почтамт, почт. ящ. № 128.